# Гидрологические наблюдения на четкообразных степных реках севера Волгоградской области

А.М. Тарбеева\*, И.В. Крыленко, В.В. Сурков, Н.М. Михайлова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия amtarbeeva@yandex.ru

Четкообразные, Аннотация. четковидные или бочажинные реки, характеризующиеся чередованием озеровидных расширений (четок) и узких проток, широко распространены в степной зоне Евразии. Существуют разные предположения о механизмах их образования, однако детальные исследования четковидных русел в степях не проводились. В статье приводятся первые результаты гидрологических исследований, проведенных в 2022-2023 гг. на реках Кардаил и Купава. Они включали промеры глубин, определение скоростного поля потока, расходов, электропроводности и мутности воды. Исследованные реки имеют максимальные глубины, достигающие 5-5.5 м, которые наблюдаются в расширениях русел – четках, шириной от 15 до 30 м. В сужениях, где ширина русла уменьшается до 1-5 м, глубины составляют 0.5-1 м. Во время половодья максимальные скорости потока достигаются в сужениях русла и составляют 0.7-1 м/с, тогда как в расширениях русла скорости потока падают ниже 0.3 м/с и, несмотря на образование водоворотных зон, их недостаточно для размыва берегов и дна. Содержание взвешенных веществ в воде на спаде половодья имеет линейную связь с расходом воды и изменяется от 10 до 35 мг/л при расходах от 1.7 до 6.1 м<sup>3</sup>/с. Удельная электропроводность речной воды изменяется от 830 до 4300 мкСм/см, что соответствует минерализации 530-2750 мг/л. Полученные данные помогут понять современные процессы в четковидных руслах и внесут вклад в понимание их генезиса.

**Ключевые слова:** малые реки, озеровидные расширения русла, скоростное поле потока, мутность, батиметрия, степь.

# Hydrological observations on the beaded-shape steppe rivers in the north of the Volgograd region

A.M. Tarbeeva\*, I.V. Krylenko, V.V. Surkov, N.M. Mikhailova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia amtarbeeva@yandex.ru

**Abstract.** Bead-shaped or chain-of-ponds rivers, characterized by the alternation of lake-like extensions (beads) and narrow runs, are widespread in the steppe of Eurasia. There are different assumptions about the mechanisms of their formation, however, detailed studies of beaded channels in the steppes have not been carried out. The article presents the first results of hydrological studies conducted in 2022-2023 on the Kardail and Kupava Rivers. They included bathymetry, determination of the velocity fields, water discharges, electrical conductivity and turbidity of the water. The studied rivers have maximum depths reaching 5-5.5 m, which are observed in the beads, with a channel width of 15 to 30 m. In the runs, where the channel width decreases to 1-5 m, the depths are 0.5-1 m. During spring high water, the maximum flow velocities are achieved in the runs and amount to 0.7-1 m/s, while in the channel expansions, the water flow velocities fall below 0.1-0.2 m/s and, despite the formation of

whirlpool zones, they are not enough to erode the channel bed and banks. The suspended sediment concentration in the water at the recession of the flood has a linear relationship with the water flow and varies from 10 to 35 mg/l at water discharges from 1.7 to 6.1 m<sup>3</sup>/s. The specific electrical conductivity of water varies from 830 to 4300  $\mu$ S/cm, which corresponds to a mineralization of 530-2750 mg/l. The obtained data will help to understand modern processes in beaded channels and will contribute to the understanding of their genesis.

Keywords: small rivers, lake-like extensions, velocity fields, turbidity, bathymetry, steppe.

### Введение

Четкообразные или бочажинные реки, характеризующиеся чередованием озеровидных расширений (четок или бочагов) и узких проток, широко распространены в степной зоне Евразии. Они имеют важное сельскохозяйственное значение, так как обеспечивают места для водопоя скота даже в самые засушливые периоды года, однако механизмы их образования до сих пор не установлены.

Чаще всего формирование таких русел считают одной из стадий антропогенного заиления рек степной зоны, а расширения русел (четки или бочаги) – остатками бывших плёсов [1; 5]. Но описаны и другие механизмы их образования, такие как разгрузка подземных вод [2], суффозионно-карстовые процессы [4]. В том числе существует версия о реликтовой термокарстовой природе четковидных русел степи, где перигляциальные условия наблюдались в позднем неоплейстоцене [3].

Детальные исследования четковидных русел в степях не проводились, но они могли бы помочь понять генезис таких русел и обосновать мероприятия по их сохранению в меняющихся природных условиях. В 2022-2023 гг. были проведены первые комплексные исследования современных гидрологических процессов на ключевых участках четковидных русел малых рек Кардаила (приток р. Бузулук) и Купавы (приток р. Кардаил), расположенных в пределах Хопёрско-Бузулукской ледниково-эрозионной равнины на севере Волгоградской области.

## Материалы и методы исследования

Ключевые участки русел расположены вблизи хут. Верхнекардаильского (Новониколаевский район Волгоградской области), где реки имеют хорошо выраженное четковидное строение. Река Кардаил на исследованном участке имеет площадь водосбора 572 км<sup>2</sup>, Купава – ее правый приток – 367 км<sup>2</sup>. Протяженность ключевого участка р. Кардаил составляет около 2.9 км, р. Купавы – 1.5 км.

В 2022-2023 гг. была проведена аэрофотосъемка ключевых участков рек с квадрокоптера, получены ортофотопланы и цифровые модели рельефа русла и прилегающей поймы, организованы временные гидрологические посты для измерения расходов и уровней воды, установлена автоматическая фотокамера для наблюдения за прохождением половодья на р. Кардаил.

При помощи эхолота *Lowrance LMS-525C DF* на ключевых участках были проведены промеры глубин, а в половодье измерено скоростное поле потока и расходы воды при помощи акустического доплеровского измерителя скоростей течения воды *ADCP (AcousticDopplerCurrentProfiler)* модели *«Sontek RiverSurveyor M9»*. В межень расходы воды измерялись при помощи поплавков или гидрологической вертушки. Поверхностные скорости течения определялись поплавками. Также определялась мутность воды оптическим турбидиметром *AMT27 (AMTAST)* и содержание взвешенных веществ фильтрованием через мембранные фильтры с порами 45 мкм. Удельная электропроводность и температура воды определялись при помощи кондуктометра *HM*-200 (*Hydro Master*).

### Результаты и их обсуждение

Исследуемые реки характеризуются хорошо выраженным половодьем с расходами воды до нескольких кубических метров в секунду и низкой летней и зимней меженью с расходами воды в первые литры в секунду (Табл.). Измеренная удельная электропроводность речной воды изменялась от 830 мкСм/см при разбавлении талыми водами до 4300 мкСм/см в зимнюю межень, что соответствует минерализации 530-2750 мг/л. Содержание взвешенных веществ в воде на спаде половодья имеет линейную связь с расходом воды и изменяется от 10 до 35 мг/л при расходах от 1.7 до 6.1 м<sup>3</sup>/с. Существенных изменений мутности воды по длине реки между сужениями и расширениями русла не наблюдается.

					SSC,	Мутность,
Река	Дата	Q, м <sup>3</sup> /с	SPC, мкСм/см	T, ℃	мг/л	NTU
Кардаил	03.05.2022	-	2620	13.4	-	-
Кардаил	04.05.2022	0.577	2610	15.4	-	-
Кардаил	16.03.2023	6.1	837	0.9	34.9	51.87
Кардаил	18.03.2023	4.21	1020	1.5	23.6	31.11
Кардаил	23.02.2023	-	3570	0.3	-	-
Купава	03.05.2022	-	3850	14.2	-	-
Купава	17.03.2023	1.74	1030	12.9*	12.8	20.58
Купава	18.03.2023	1.66	1140	2.9	9.9	16.34
Купава	24.02.2023	0.0098	4280	0.3	-	-

Табл. Физико-химические характеристики воды на реках Кардаил и Купава в даты проведения наблюдений: расходы воды (Q), удельная электропроводность (SPC), температура (T), содержание взвешенных веществ (SSC) и мутность.

- нет данных, \* измерения производились в пробе воды в помещении

Реки на исследуемых участках имеют извилистое русло, осложненное глубокими озеровидными расширениями округлой, овальной, каплевидной или сложной формы (Рисунок). Излучины сформированы в бровках высокой поймы, высотой до 4-5 м, а низкая пойма высотой до 1,5-2 м, протягивается вдоль сужений русла. Ширина русла изменяется от 1.5-2 м в сужениях до 25-30 м в расширениях. Наибольшие глубины в расширениях русла достигают 5.5 м. Минимальные глубины наблюдаются в сужениях и составляют 0.5-1 м.

Во время половодья максимальные скорости потока достигаются в сужениях русла и составляют 0.7-1 м/с, тогда как в расширениях русла скорости потока падают ниже 0.3 м/с (Рис.) и, несмотря на образование водоворотных зон, их недостаточно для существенного размыва берегов и дна.

В межень русла зарастают водной растительностью, а на низкой пойме вырастают густые заросли тростника. В зимний период на реках формируется ледовый покров мощностью до 40-50 см. Потоком половодья и льдом тростник ломается. Наблюдается локальный ледоход, приводящий к нагромождению льда на поворотах и в сужениях русла, и частичному разрушению берегов.

### Выводы

Роль эрозионной деятельности потока в формировании расширений русла маловероятна из-за низких скоростей потока в расширениях русла. Современная динамика русла незначительна и связана, главным образом, с ледоходом. Малый сток взвешенных наносов во время половодья также свидетельствует об отсутствии существенных переформирований русла в настоящее время. Более детальная обработка полученных данных о глубинах русла совместно с данными морфометрического анализа

русел и геологического строения пойм помогут понять происхождение четковидных русел степи и причины длительной устойчивости их формы.



Рис. Четковидное русло р. Купавы: вверху - фрагмент ортофотоплана с изобатами через 1 м (синие линии) в начале мая 2022 г., желтый пунктир – положение поперечного профиля; внизу - поперечный профиль по линии АБ с распределением глубин и скоростного поля потока на спаде половодья 17.03.2023.

#### Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00008, https://rscf.ru/project/23-27-00008/

#### Acknowledgments

The work was supported by. Russian Science Foundation, project № 23-27-00008, https://rscf.ru/en/project/23-27-00008/.

#### Список литературы

1. Иванова Н.Н., Голосов В.Н., Панин А.В. Земледельческое освоение территории и отмирание рек Европейской части России. // Геоморфология. 1996. №4. С. 53-60.

2. Кичигин А.Н. Причины деградации русел малых рек Вологодской области // Геоморфология. 1992. №1. С. 56-62.

3. Рябуха А.Г., Поляков Д.Г. Особенности распространения, морфологическое строение и механизмы формирования четковидных русел малых рек степной зоны Оренбургской области // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 146-150.

4. Тарбеева А.М., Крыленко И.В., Сурков В.В. Озеровидные расширения русел рек степной зоны и возможные причины их формирования (бассейн р. Урал в районе г. Орска) // Геоморфология. 2016. № 1. С. 73-81.

5. Чернов А.В. Современное развитие малых рек центральных районов Европейской части СССР // Малые реки Центра Русской равнины, их использование и охрана. М.: МО ГО СССР. 1988. С. 17–25.