

А.М. Тарбеева, к.г.н., научный сотрудник
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ЧЕТКОВИДНЫЕ РУСЛА РЕК ЗОНЫ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ¹ *(научный руководитель – д.г.н. Р.С. Чалов)*

Четковидные русла рек, характеризующиеся сопряженным чередованием озеровидных расширений и соединяющих их узких протоков, являются хорошо известным, но малоисследованным явлением в криолитозоне. Они неоднократно описаны в учебниках по криолитологии и гидрологии, в региональных монографиях [Норкин et al., 1955; Григорьев, 1927; Уошборн, 1988; Термоэрозия, 1982], но их детальные исследования немногочисленны [Губарьков, Лейбман, 2010; Тарбеева, Сурков, 2013; Arp et al., 2015].

Четковидные русла свойственны преимущественно малым рекам. Они занимают до 50% длины русловой сети бассейнов в криолитозоне [Arp et al., 2015]. Между тем, сведения о механизмах и условиях их формирования, закономерностях распространения, морфологии, гидрологическом режиме, динамике, экологическом значении очень редки.

В данной статье приводится обобщение данных о четковидных реках криолитозоны, взятых из литературных источников, полученных в результате полевых работ на Ямале (2011 г.) и в Якутии (2015-2016 гг.), а также при анализе космических снимков из «GoogleEarth».

Морфология, мерзлотное строение и термический режим четковидных русел

Четковидные русла представляют собой цепочку небольших округлых или продолговатых озер диаметром от 5 до 40 м, глубиной до 2-3 м, соединенных узкими щелевидными протоками длиной от 1 до 50 м, шириной до 1-2 м и глубиной также 1-1,5 м, либо мелководными (до 0,5 м) перемычками, нередко обсыхающими в межень. Как правило, озеровидные расширения русел в пределах однородного участка реки близки по размерам и расположены примерно через равные интервалы.

Благодаря слабой проточности глубоких озеровидных расширений, в межень вода в них сильно прогревается и стратифицируется: поверхностные температуры достигают +18°C, придонные составляют около +10°C [Oswood et al., 1989; Arp et al., 2015]. Это создает благоприятные условия для развития термокарста, а также позволяет обитать в них некоторым видам гидробионтов, не характерным для рек, не имеющих такого строения русел.

¹ Работа выполнена по плану НИР научно-исследовательской лаборатории эрозии почв русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-00549).

Сравнение мерзлотного строения отложений под руслами четковидных и нечетковидных рек тундры показывает, что в период максимального сезонного протаивания под четковидным руслом кровля многолетнемерзлых пород имеет волнистую в продольном разрезе поверхность, залегая близко к поверхности дна под перекатами (менее 1 м), но весьма глубоко под плёсами (2-4 м) [Zarnetske et al., 2008; Тарбеева, Сурков, 2013]; под руслами, имеющими равномерную ширину, кровля мерзлоты относительно ровная [Zarnetske et al., 2008].

Большинство русел малых рек 1-4 порядков в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород промерзают до дна, но в расширениях четковидных русел зимой сохраняются линзы напорной воды, подстилаемые тальми породами. Так, в Центральной Якутии в четковидном русле р. Лево́й Шестаковки (площадь водосбора на участке составляет 90 км²) в конце зимы поверхность речного льда в расширениях русла имела форму купола (бугра), рассеченного трещинами в вершине (рис.). Такая форма образовалась за счет подледного напора воды, образующегося в результате промерзания. Под толщей льда мощностью от 0,8-1,5 м в центрах таких бугров находились линзы напорной воды мощностью от первых сантиметров до 2 м, подстилаемые тальми породами мощностью до 1,3 м [Тарбеева и др., 2016, в печати]. При этом в примыкающих сужениях русла было промерзшим до дна (рис. 1).

Наличие таликов в расширениях имеет большое значение для формирования русла, так как во время прохождения половодья, перемерзшие сужения русел не могут подвергаться размыву, тогда как талый грунт в озеровидных расширениях может размываться, приводя к локальному углублению русла.

Благодаря наличию незамерзающей воды, озеровидные расширения четковидных русел имеют большое значение для зимовки некоторых видов рыб, амфибий и других гидробионтов. В зимний период подо льдом четковидных рек на Аляске встречены живые даллии [Ayr et al., 2015], в Якутии – многочисленные амурские голяны, лягушки, плавунцы и пиявки. Все эти организмы находились в условиях высокого давления, повышенной минерализации воды и низкого содержания кислорода, не превышающего 0,3% [Тарбеева и др., 2016 в печати]. Для обогащения воды кислородом в таких условиях, по-видимому, большое значение имеет периодическое растрескивание ледовых бугров в расширениях русла, которое обеспечивает перемешивание воды и поступление в нее кислорода. Судя по наличию многочисленных трещин и слоистому строению верхней натечной части льда в расширениях русел, растрескивание бугров неоднократно происходит в течение зимы по мере промерзания русла и сопровождается излиянием воды с образованием наледи.

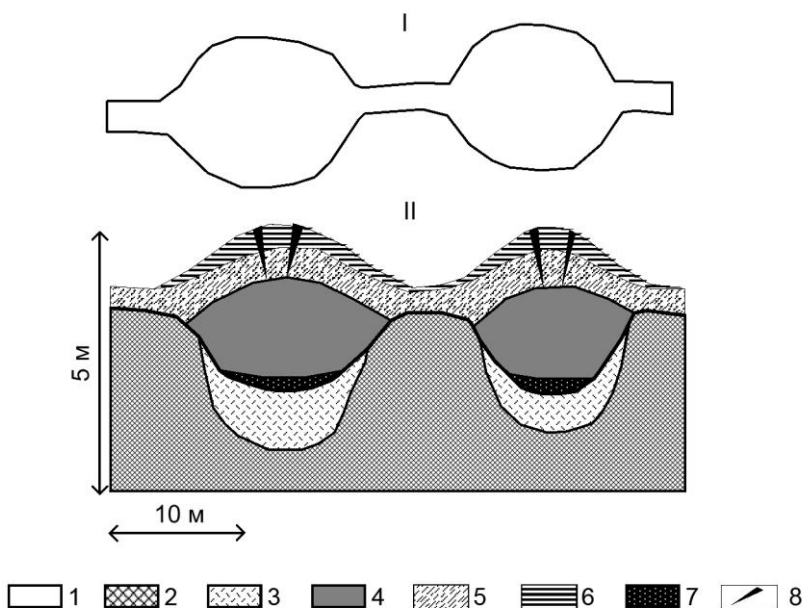


Рис.1. Схема строения четковидного русла в зимний период, I – план, II – продольный профиль: на плане (I): 1 – бровки русла; на продольном профиле (II): 2 – мерзлый грунт; 3 – талый грунт; 4 – вода; 5 – речной лед; 6 – натечный лед; 7 – органические остатки; 8 – трещины во льду.

Генезис и распространение четковидных русел

Русла, характеризующиеся закономерным чередованием расширений и сужений, либо имеющие отдельные расширения русел, распространены не только в пределах криолитозоны. Они встречаются в разных природных зонах: от тундры до степи, где их формирование связывают с различными причинами: заилением, суффозией, карстом. [Тарбеева, Сурков, 2013; Тарбеева и др., 2016]. Все эти реки объединяет малая мощность водного потока. Установлено, что в тундре они формируются на водотоках 1-3 порядков, со средними (0,1-0,8%) уклонами и максимальными расходами воды, не превышающими $1 \text{ м}^3/\text{с}$ [Тарбеева, Сурков, 2013; Arp et al., 2015].

К криолитозоне образование четковидных русел чаще всего объясняют термокарстом и термоэрозией при разрушении полигонально-жильных структур [Hopkins et al., 1955, Термоэрозия., 1982; Arp et al., 2015]. Другие исследователи, применительно к Якутии, считают, что четковидные русла образуются в результате промерзания аккумулятивных русловых форм, которые впоследствии не размываются, зарастают и подпруживают

реку [Григорьев, 1927; Воскресенский, 1962]. С.С. Воскресенский [1962] предположил, что расширения русел соответствуют остаткам плёсов, сформировавшихся рекой в более теплые (*т.е. многоводные – А.Т.*) эпохи.

Анализ изменения морфологии четковидных русел по порядкам водотоков, проведенный на территории Сибири и Аляски по космическим снимкам «GoogleEarth», позволил выявить следующие закономерности:

Наблюдается некоторое увеличение размеров озеровидных расширений русел по мере увеличения размера реки, что хорошо видно на участках слияния разнопорядковых четковидных рек. Впрочем, размеры озеровидных расширений меняются также в зависимости от других факторов, в частности, уклонов.

В зоне тундры водотоки первого порядка, как правило, имеют прямолинейные четковидные русла, тогда как водотоки 2 и 3 порядков имеют четковидные извилистые русла. Такие русла в плане имеют форму, характерную для свободно меандрирующих рек, но при этом состоят из озеровидных расширений и соединяющих их узких протоков. При этом в таких руслах отсутствуют следы размыва вогнутых берегов и аккумуляции наносов у выпуклых берегов, характерные для свободно меандрирующих рек. Водотоки 4 и более высоких порядков имеют «нормальные» (нечетковидные) врезанные извилистые или прямолинейные русла. Извилистая форма четковидных русел и наличие серповидных стариц на пойме при отсутствии признаков современного развития излучин указывают на то, что она была сформирована при других условиях – в процессе свободного меандрирования реки при ее большей водности, и только впоследствии приобрела четковидное строение в результате климатических изменений и уменьшения стока воды.

Таким образом, процесс формирования четковидных русел вообще, и криолитозоны, в частности, полигенетичен. Действительно, наибольшую плотность четковидные русла имеют в районах сплошного распространения высоко и среднелдистых многолетнемерзлых пород, преимущественно на участках развития полигонально-жильных льдов [Arg et al., 2015]. Здесь замкнутые понижения – бывшие плёсовые ложины – при уменьшении стока воды становятся очагами развития термокарста.

Однако в малоледяных отложениях, например, на р. Лево́й Шестаковой в Якутии, где термокарстовые процессы не имеют большой интенсивности [Бойцов, 2001], ведущим фактором образования четковидного строения русла, по-видимому, является неравномерное промерзание отложений, приводящее к избирательной термоэрозии, а также активное зарастание перекаатов, которое способствует аккумуляции материала и повышению их отметок, и ледовые процессы, возникающее при образовании и разрушении ледовых бугров.

Выводы

Четковидные русла криолитозоны – это полигенетические формы рельефа, в образовании которых принимают участие процессы неравномерного промерзания и протаивания отложений, русловые и ледовые процессы. Роль каждого из этих процессов зависит от конкретных природных условий и будет исследоваться в дальнейшем.

Четковидные извилистые русла – особый тип русел малых рек криолитозоны. Они распространены по всей криолитозоне северного полушария, как в Арктике, так и в континентальной части Сибири. Они являются признаком уменьшения водности рек и могут быть использованы в качестве индикаторов палеоклиматических изменений в голоцене.

Сложная форма четковидных русел способствует образованию специфических мерзлотных, ледовых и термических условий, которые позволяют зимовать в них некоторым видам организмов, что придает четковидным руслам криолитозоны большое значение для обеспечения биоразнообразия в их бассейнах.

ЛИТЕРАТУРА

- Бойцов А.В.* Гидрогеологический практикум. Якутск. 2001. 35 с.
- Воскресенский С.С.* Геоморфология Сибири. М.: МГУ. 1962. 340 с.
- Григорьев А.А.* Геоморфологический очерк Якутии. Л.: Изд-во АН СССР. 1927. 52 с.
- Губарьков А. А., Лейбман М. О.* Четкообразные русловые формы в долинах малых рек на Центральном Ямале – результат парагенезиса криогенных и гидрологических процессов // Криосфера Земли. 2010. Т. 14, № 1. С. 41-49.
- Тарбеева А.М., Крыленко И.В., Лебедева Л.С., Ефремов В.С., Шамов В.В.* Зимние процессы в четковидном русле р. Шестаковки (Центральная Якутия) и их экологическое значение // Ледовые и термические процессы на водных объектах России: научные труды V Всероссийской конференции. М.: ИВП РАН. 2016 (в печати).
- Тарбеева А.М., Сурков В.В.* Четковидные русла малых рек зоны многолетней мерзлоты // География и природные ресурсы. 2013. №3. С. 27-32.
- Термоэрозия дисперсных пород. М.: Изд-во Моск. ун-та 1982. 194 с.
- Уошборн А. Л.* Мир холода. Геокриологические исследования. М.: Прогресс, 1988. 384 с.
- Arp C. D., Whitman M., Jones B., Grosse G., Gaglioti B., Heim K.* Distribution and biophysical processes of beaded streams in Arctic permafrost landscapes // Biogeosciences. № 12 (1). 2015. pp. 29-47. Doi: 10.5194/bg-12-29-2015
- Hopkins D., Karlstrom T., Black R. et al.* Permafrost and ground water in Alaska // Geol. Surv., Prof. Pap. Washington, 1955. 264 F. 146 p.

Oswood M. W., Everett K. R., Schell D. M. Some physical and chemical characteristics of an arctic beaded stream // *Holarctic ecology*. Copenhagen, 1989. 12. 290–295 p.

Zarnetske J. P., Gooseff M. N., Bowden W. B. et. al. Influence of morphology and permafrost dynamics on hyporheic exchange in arctic headwater streams under warming climate conditions // *Geophysical research letters*. VOL. 35, L02501, Pp. 1-5. doi:10.1029/2007GL032049.

Д.Ю.Цветкова, магистрант

Ю.С. Кузнецова, научный сотрудник

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Роль современных экзогенных геоморфологических процессов в формировании и перераспределении наносов в бассейне предгорной реки черноморского побережья Кавказа (на примере р.Цаньк)

(научный руководитель – д.г.н. В.Н. Голосов)

Функционирование речного бассейна не ограничивается деятельностью водных потоков и включает целый ряд геоморфологических процессов и явлений, происходящих в ее пределах и зачастую связанных как между собой, так и с непосредственной работой флювиальной сети.

Целесообразность рассмотрения комплекса основных рельефообразующих процессов применительно к речным бассейнам различных рангов обусловлена специфической пространственной организацией потоков вещества (Хортон, 1948; Симонов, Симонова, 2003). Преобладающая роль гравитации как движущей силы значительного количества экзогенных геоморфологических процессов обуславливает основное направление движения материала от местных водоразделов вдоль линий тока и в сторону максимального уклона к местным тальвегам. Далее по системе тальвегов перемещение осуществляется в направлении замыкающего створа. Поскольку на большей части площади поверхности суши весь объем материала, мобилизованного комплексом денудационных процессов, транспортируется именно таким путем, потоки вещества в гумидной зоне и связанное с ними развитие рельефа имеет бассейновую пространственную организацию (Симонов, Симонова, 2003).

Водосборный бассейн следует рассматривать как каскадную систему, состоящую из серии подсистем, динамически связанных потоками массы и энергии (Chorley, Kennedy, 1971). Система речного бассейна состоит из вложенных друг в друга подсистем разнорядковых звеньев флювиаль-