

ФОРМИРОВАНИЕ РУСЕЛ САМЫХ МАЛЫХ РЕК ЮГА ЛЕСНОЙ ЗОНЫ РУССКОЙ РАВНИНЫ (НА ПРИМЕРЕ р. МЕДВЕНКИ)¹

Морфология и механизмы развития русел самых малых рек (I–III порядка) практически не исследованы. Между тем они существенно отличаются от таковых в руслах крупных, средних и даже малых рек IV–VIII порядков. Оценить динамику русел, ширина которых не превышает первых метров, сложно из-за почти полного отсутствия специальных наблюдений и крупномасштабных картографических материалов, с необходимой достоверностью и точностью отражающих их положение и глубину. Сильная залесенность долин водотоков первых порядков затрудняет дешифрирование их русел, а также пойменно-террасового рельефа даже по самым крупномасштабным аэро-, фото- и космоснимкам. Поэтому исследование русловых деформаций на водотоках первых порядков возможно только благодаря проведению детальных съемок русла, а также использованию косвенных методов, например, анализа рельефа и растительности днища долины.

Уникальным объектом для исследования процессов в руслах самых малых рек является участок русла реки III порядка – Медвенки, на котором в 1946 г. во время организации Подмосковной воднобалансовой станции “Большое Сареево” была проведена крупномасштабная съемка русла [1]. Кроме того, имеется 60-летний ряд гидрологических и метеорологических наблюдений в ее бассейне, опубликованных в Материалах наблюдений Подмосковной стоковой станции в 1955–1980 гг. Проведение повторной тахеометрической съемки участка русла и пойменно-террасового рельефа позволило оценить динамику русла за этот период.

Река Медвенка – правый приток р. Москвы в Одинцовском районе Московской области. Ее бассейн относится к северной части бассейна р. Оки, расположен в южной части лесной зоны Русской равнины. Территория исследований представляет собой вторичную моренную равнину краевой зоны максимальной стадии московского оледенения (средний плейстоцен).

Исследуемый участок русла расположен в среднем течении р. Медвенки, в 1 км выше устья ее основного притока – р. Закзы. Его длина около 400 м, площадь водосбора реки здесь составляет 21.5 км². Участок включает семь излучин и небольшой прямолинейный фрагмент русла между излучинами № 5 и № 6 (рис. 1). Ширина русла реки в межень колеблется от 2 до 4 м, его средний уклон – 0.003, а средний годовой расход воды – 1.2 м³/с. Средние максимальные расходы половодья – 9 м³/с, подъем уровня воды в этот период не превышает 1.5 м.

Моренные валунные суглинки с линзами флювиогляциальных отложений, слагающие борта долины, определяют достаточно крупный состав руслообразующих наносов. Распределение наносов в русле р. Медвенки характеризуется чередованием участков галечно-валунной отмостки и песчаных гряд. Галечно-валунные наносы приурочены к вогнутым размываемым коренным берегам или уступам высоких надпойменных террас. Для остальной части русла характерен песчаный и гравийно-песчаный состав наносов, образующих крупные гряды, занимающие всю ширину русла и имеющие длину первые десятки метров. Высота гряд – 0.2–0.3 м, как правило, они имеют крутое подвалье. В межень на крупных грядах развиваются мелкие гряды высотой 1–2 см, длиной до 10–20 см, шириной 5–7 см. Валунные отложения в плесовых ложбинах в межень обычно заиливаются.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-64569).

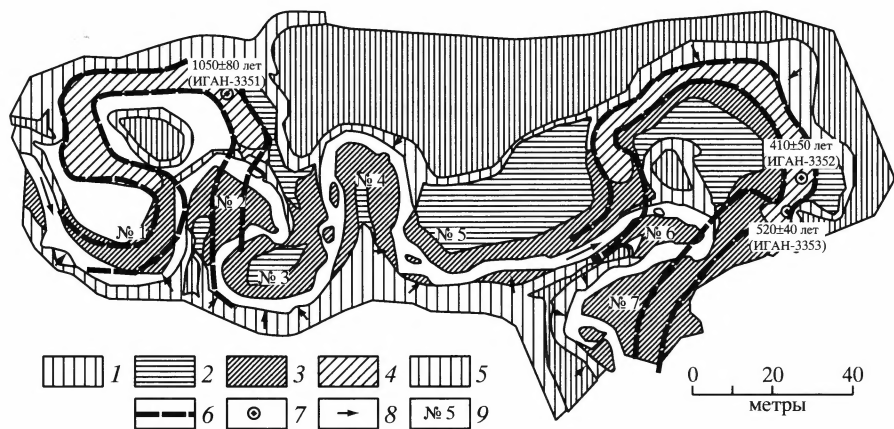


Рис. 1. Геоморфологическая схема ключевого участка долины р. Медвенки
 1 – II нпт (2.5–3.0 м), 2 – I нпт (1.5–2.3 м), 3 – пойма (до 1.5 м), 4 – днища стариц, 5 – склоны,
 6 – реконструкция положения русла, 7 – точки отбора образцов на радиоуглеродный анализ и
 датировки подошвы заполнения старицы, 8 – осыпи и оползни на склонах, 9 – номера излучин

Морфология и строение пойменно-террасового комплекса долины р. Медвенки достаточно сложные. В долине имеется пойма и три террасы. Высота наиболее высокой террасы – 3.5–4 м, ширина до 100 м (в пределах исследуемого участка), она прослеживается преимущественно вдоль левого берега, примыкая непосредственно к коренным склонам долины. Терраса имеет достаточно ровную полого наклонную в сторону реки поверхность, и плавно сочленяется с водораздельными склонами. На геоморфологической схеме (рис. 1) эта терраса не показана, так как находится за ее пределами.

Вторая надпойменная терраса (нпт) возвышается над меженным урезом реки на 2.5–3.0 м. Фрагменты террасы заходят в шпоры излучин № 2 и № 6, они также образуют высокие останцы в шпорах прорванных излучин. Поверхность террасы достаточно ровная, субгоризонтальная. В уступе террасы на правом берегу в вершине излучины № 7 вскрываются косослоистые пески, перекрытые толщей (до 1 м) пойменно-делювиальных суглинков.

На высоте 1.5–2.3 м над урезом воды выделяется I нпт, имеющая наиболее широкое распространение в пределах современного пояса меандрирования реки. Наибольшие ее фрагменты в пределах участка находятся вдоль левого берега реки на прямолинейном отрезке русла между излучинами № 5 и № 6 и образуют шпоры большинства как современных, так и прорванных излучин. Отличительной особенностью I террасы является непостоянство ее относительной высоты по длине реки и значительный наклон в сторону русла. Тыловой шов террасы выражен, как правило, очень четко. Бровка выражена хуже или отсутствует, так как поверхность террасы плавно переходит в пойму (излучина № 2).

Значительный наклон поверхности террасы в сторону русла свидетельствует о направленном врезании во время ее формирования на фоне развития излучин. Колебания относительных высот поверхности на разных излучинах могут свидетельствовать о неравномерном развитии и различном возрасте последних. В предыдущих исследованиях эта поверхность описана как поймы [2], однако ее тыловая часть повсеместно располагается выше уровня затопления.

Современная пойма не имеет широкого распространения. Ее ширина редко превышает 10–15 м, высота поверхности составляет от 0.5 до 1–1.5 м. Генетически пойма представляет собой заросшие побочни, образующиеся у выпуклых берегов в привершинных частях излучин. Участки поймы, протягивающиеся вдоль коренных берегов,

представляют собой слабо перекрытые и перекрытые пойменным наилом склоновые отложения, главным образом, оползневые. Уровню поймы соответствуют также днища крупных стариц, расположенных вдоль левого борта долины. Днище верхней по течению старицы расположено на высоте 0.7–1 м над урезом, нижней – на уровне современного уреза воды.

Аллювиальные отложения современной поймы представлены среднезернистыми и крупнозернистыми песками с прослойками гумусированного суглинка и растительного детрита. Отдельные фрагменты поймы образовались за последние 60 лет, о чем свидетельствуют совмещенные планы русла (рис. 2). Пойма, сформировавшаяся с 1946 по 2006 г., имеет высоту до 1 м и ширину до 10–15 м, в основном занята травянистой растительностью, деревья отсутствуют или имеют возраст не более 10 лет.

Русло р. Медвенки врезанное, ширина поймы, как правило, не превышает 2–3 ширины русла, а форма русла полностью контролируется коренными склонами долины или уступами террас, образующими, в том числе, шпоры излучин. Оно характеризуется развитыми и крутыми сегментными, омеговидными и пальцеобразными врезанными излучинами. Между излучинами № 5 и № 6 имеется прямолинейный участок. Острова и осередки являются весьма характерными и распространенными образованиями на р. Медвенке, но они имеют подчиненное положение в русле меандрирующего типа, будучи связанными не с формами переноса наносов, а с заломами, наледями или обрушением материала со склонов. В местах резкого изменения направления течения реки, главным образом, при подходе под прямым или острым углом к коренному берегу, русло расширяется, и в половодье возникают водоворотные зоны. На изгибах русла образуются заломы, с которыми связано отложение наносов и формирование осередков непосредственно выше по течению. Осередки и острова в русле р. Медвенки формируются при падении в русло стволов деревьев или крупных кусков дернины, обрушившихся при подмыве берегов (рис. 3А, Б). В особенно холодные зимы на р. Медвенке наблюдается наледообразование, что было отмечено И.С. Шпаком [1] зимой 1946–47 гг. Обтекание наледей может быть одной из причин возникновения небольших островов в русле: поток в этом случае отчленяет часть затопленной поймы. Подобные явления наблюдались нами на малых постоянных водотоках в балках.

Морфология и развитие форм русла (излучин, прямолинейного участка, островов) р. Медвенки в целом аналогичны таковым на крупных реках, так как в основе их развития лежат гидромеханические причины. Вместе с тем, имеется определенная специфика, связанная с особенностями их формирования и с влиянием локальных нефлювиальных факторов (заломов, наледей, оползней и т.п.) на их развитие.

На исследованном участке русла р. Медвенки по методике, описанной Р.С. Чаловым с соавторами [3], получены основные параметры шести излучин и их соотношения по данным 1946 и 2006 гг. (таблица). Излучина № 7 сформировалась после 1946 г. и попадает на исследованный участок лишь частично, поэтому ее параметры не были определены.

Большинство излучин исследуемого участка реки имеют высокую степень развитости: отношение l/L (l – длина русла, L – шаг излучины) у излучины № 6 достигает 6.81; у трех излучин больше 2–3 и лишь у излучин № 1 и № 5 меньше 2. Величина l/L увеличивается у всех излучин по мере их развития.

За рассмотренный период с 1946 по 2006 г. сегментная излучина № 1 характеризовалась продольным смещением, более интенсивным в нижнем крыле (на 4.3 м), что обусловило увеличение ее асимметрии (вершина излучины смещена вниз отно-

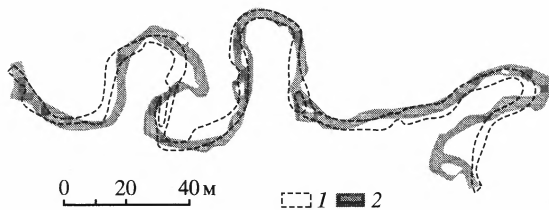


Рис. 2. Сопоставленные планы русла р. Медвенки
Положение русла: 1 – в 1946 г., 2 – в 2006 г.



Рис. 3. Осередки и острова в русле р. Медвенки

А – осередок, образовавшийся ниже залома в нижнем крыле излучины № 3, Б – остров, связанный с обрушением подмываемого уступа террасы в вершине излучины № 7 (фото автора)

сительно геометрической оси излучины). В результате произошло увеличение шага излучины на 6.3 м (в 1.2 раза). Одновременно увеличилась стрела прогиба h на 5.6 м (в 1.5 раза), и уменьшилось значение показателя формы r/h (r – радиус кривизны, h – стрела прогиба) с 1.1 до 0.63, то есть излучина увеличила свою кривизну. Степень развитости излучины также возросла (с 1.49 до 1.66).

У излучины № 2 произошла заметная трансформация формы, в результате чего из крутой сегментной она преобразовалась в петлеобразную. Скорость смещения верхнего крыла излучины в среднем составила 0.06 м/год (4 м за 60 лет), а нижнее крыло получило дополнительный изгиб, и смещалось со скоростью 0.17 м/год (на 10.5 м за 60 лет). Появление вто-

ричного изгиба русла в нижнем крыле во многом объясняется влиянием металлического забора, пересекающего в этом месте русло реки и отклоняющего поток к противоположному берегу. Развитие этого изгиба привело к размыву фрагмента I террасы и образованию пониженного участка между выступом и останцом террасы в шпоре нижерасположенной излучины № 3, которая в 1946 г. также была крутой сегментной. Одновременно произошло смещение ее вершины вверх по оси долины, т.е. “заваливание”.

С 1946 по 2006 г. у излучин № 2 и № 3 произошло сильное уменьшение ширины перешейка: с 15.3 до 6.97 и с 13.78 до 7.18 м соответственно. Высота поверхности шпоры излучины № 2 (образованной фрагментом I террасы) в наиболее узком месте составляет 2–2.5 м, что превышает высоту максимального затопления. Поэтому ее спрямление может произойти только при встречном размыве берегов на крыльях. Поверхность шпоры излучины № 3 в результате размыва участка террасы оказалась пониженной до 1.2–1.3 м над урезом (рис. 1), что делает возможным переток через нее воды в половодье и спрямление “сверху”, т. е. до полного сближения ее крыльев [3].

Излучина № 4 в целом сохранила форму сегментной крутой. Это объясняется тем, что ее привершинная часть проходит вдоль уступа второй надпойменной террасы. За рассматриваемый период произошло смещение излучины вниз по течению на 2–3 м, уменьшился радиус кривизны благодаря размывам пойменных берегов на крыльях выше и ниже привершинной части.

Смежная с ней излучина № 5 также не испытала значительной трансформации, т.к. ее вершина и нижнее крыло проходят вдоль коренного берега. Тем не менее, произошло уменьшение шага (с 24.25 до 27.81 м) и радиуса кривизны (с 17 до 13 м) излучины, главным образом за счет развития изгиба нижнего крыла, связанного с оползнем на коренном борту долины.

Параметры излучин р. Медвенки в 1946 и 2006 гг.

№ излу- чины	Тип	Ширина русла в вершине (b, м)	Шаг (l, м)	Длина по руслу (L, м)	Радиус кривизны (r, м)	Стрела прогиба (h, м)	Степень разви- тости (l/l)	Показа- тель формы (r/h)	l/h	L/h	r/b	l/r
1946 г.												
1	Сегментная пологая	2.50	27.10	40.30	13.00	11.80	1.49	1.10	3.42	2.30	5.20	3.10
2	Сегментная крутая	3.90	18.40	48.29	8.00	17.81	2.62	0.45	2.71	1.03	2.05	6.04
3	Сегментная крутая	3.20	25.40	56.70	8.00	17.70	2.23	0.45	3.20	1.44	2.50	7.09
4	Сегментная крутая	2.80	16.60	48.05	8.45	17.90	2.89	0.47	2.68	0.93	3.02	5.69
5	Сегментная пологая	3.00	27.81	32.74	17.00	6.89	1.18	2.47	4.75	4.04	5.67	1.93
6	Пальцеобразная	3.00	13.20	47.10	5.50	18.40	3.57	0.30	2.56	0.72	1.83	8.56
2006 г.												
1	Сегментная развитая	2.40	33.40	55.60	11.00	17.40	1.66	0.63	3.20	1.92	4.58	5.05
2	Омеговидная	3.80	22.00	52.20	12.70	16.60	2.37	0.77	3.14	1.33	3.34	4.11
3	Заваленная	3.50	18.60	68.10	7.70	19.00	3.66	0.41	3.58	0.98	2.20	8.84
4	Сегментная крутая	3.00	15.88	54.85	7.70	21.40	3.45	0.36	2.56	0.74	2.57	7.12
5	Сегментная пологая	3.00	24.25	30.73	13.00	7.05	1.27	1.84	4.36	3.44	4.33	2.36
6	Пальцеобразная	3.20	8.90	60.60	5.00	26.10	6.81	0.19	2.32	0.34	1.56	12.12

Развитие прямолинейного русла между излучинами № 5 и № 6 с 1946 по 2006 г. также имело специфику. Его динамика связана как с развитием расположенной выше излучины № 5, так и с отклонением потока оползнем на правом коренном берегу, вдоль которого проходит русло (рис. 1). Оползень, сошедший с правого берега, отжимает русло к левому берегу, формируя, таким образом, первичный изгиб потока. Дальнейшее развитие этого изгиба может привести к формированию излучины. Надо отметить, что оползни или осыпи наблюдаются вдоль всего современного русла при подходе его к коренным и высоким террасовым берегам, а также вдоль стариц, расположенных вблизи коренных склонов долины. Развитие оползней приводит к усложнению формы излучин и появлению дополнительных изгибов русла.

У синусоидальной излучины № 6 степень развитости увеличилась почти в два раза за счет увеличения длины русла и сильного уменьшения шага излучины. Также произошло уменьшение радиуса кривизны, соотношений длины по руслу к ширине русла l/b и радиуса кривизны к ширине русла r/b . Поперечное смещение вершины излучины составило 9 м, т.е. происходило со скоростью 0.15 м/год. С 1946 по 2006 г. произошло сближение крыльев излучины за счет встречного размыва ее берегов на крыльях, из-за этого наименьшее расстояние между ними сократилось с 9.8 до 5.5 м. Продолжающийся встречный размыв берегов, вероятно, приведет в дальнейшем к спрямлению излучины с образованием останца, образованного фрагментами I и II террас.

Развитие излучины № 6 происходит на месте спрямленной излучины, след которой прослеживается в виде старицы на левобережье реки. Старица, днище которой расположено примерно на уровне современного уреза и заполняется водой во время половодья, оконтуривает останец II террасы, подмываемый в верхнем крыле излучины № 6 (рис. 4). Останец имеет высоту около 3 м и представляет собой часть шпоры спрямленной излучины. Спрямленная излучина имела большие размеры по сравнению с современными: ширина русла составляла 4–6 м, радиус кривизны – 23 м, что в 1.5–3 раза превышает современные параметры (таблица). Наклонная поверхность, идущая от вершины останца высокой террасы к днищу старицы, свидетельствует о том, что развитие бывшей излучины происходило на фоне направленного врезания реки. В то же время кровля базального горизонта аллювия в старице расположена примерно на одном уровне с базальным горизонтом под современным руслом. Радиоуглеродное датирование древесных остатков, взятых из старичного заполнения над кровлей руслового аллювия показало, что спрямление русла произошло 450–500 л. н. (даты: 410 ± 50 лет – ИГАН-3352 и 520 ± 40 лет – ИГАН-3353)². Таким образом, за последние 450–500 лет существенного врезания реки не наблюдалось.

Расположенная выше по течению излучина № 2 также развивается на месте спрямленной излучины. На левом берегу в верхнем крыле современной излучины располагается террасовый останец, оконтуренный вдоль левого борта долины старицей. Параметры старицы также свидетельствуют о том, что спрямленная излучина была больше современной. В отличие от старицы в районе излучины № 6, днище этой старицы сухое и расположено на 0.5–1 м выше современного уреза воды. Базальный горизонт аллювия в днище старицы вскрывается чуть выше современного уреза воды и на 40–45 см выше базального горизонта в современном русле, что свидетельствует о врезании реки. Время заилиenia этой старицы, полученное радиоуглеродным методом, составляет 1050 ± 80 лет (ИГАН-3351).

Примерно такое же время спрямления палеоизлучин можно получить, рассчитав возраст излучин, формирующихся на месте спрямленных, т.е. по средним скоростям горизонтальных деформаций современных излучин, развивающихся на их месте. О разном возрасте этих излучин свидетельствует также морфология их шпор: у более старой верхней излучины № 2 поверхность террасы в шпоре заметно наклонена в сторону русла, что свидетельствует о постоянном режиме врезания за время ее фор-

² Здесь и далее даты приведены в некалиброванной радиоуглеродной шкале.

мирования. Шпора нижней по течению излучины № 6 имеет субгоризонтальную поверхность с четким тыловым швом, что свидетельствует о существенно более высоких темпах ее формирования.

Оценка разности положения кровли руслового аллювия в старицах и современном русле показывает, что в целом за 1000 лет русло врезалось со средней скоростью 0,45 мм/год. При этом на протяжении последних 500 лет существенного врезания русла не наблюдалось. Имеющиеся данные гидрологических наблюдений с 1960 по 1980 гг. за расходами и уровнями воды на р. Медвенке свидетельствуют о том, что в этот период в русле наблюдалась аккумуляция наносов. Возможно, аккумуляция наносов в этот период связана с антропогенными причинами, но этот вопрос требует дальнейших исследований.

Аналогичные старицы, оконтуривающие высокие террасовые останцы, наблюдаются на р. Медвенке и выше исследованного участка. Ниже него старицы отсутствуют, однако русло образует крупные врезанные макроизлучины [3], размеры которых также в 2–3 раза превышают параметры современных излучин исследованного участка.

Наличие крупных стариц на поймах и низких террасах является характерной чертой рек Центра Русской равнины и связывается с большей водностью рек во время формирования данных форм [4]. По данным палеогидрологических исследований малых и средних рек лесной зоны, развитие таких крупных излучин происходило в позднеледниковье (13–18 тыс. л. н.).

На р. Медвенке отшнуровывание стариц, соответствующих потоку с большей водностью, происходило в разное время. На исследованном участке палеоизлучины имели большую степень развитости, и их спрямление произошло при уже существенно меньшей водности реки за счет постепенного размыва берегов 500 и 1000 л. н. Ниже исследованного участка палеоизлучины не достигли критических параметров для спрямления, а современная водность потока недостаточна для сближения крыльев и спрямления этих макроизлучин. Поэтому современное русло на этом участке полностью унаследовало меандры древнего русла, а в настоящее время происходит усложнение его формы вторичными излучинами и разветвлениями.

Таким образом, морфология русла р. Медвенки определяется крупными макроизлучинами (ниже исследованного участка) и формированием современных излучин с высокой степенью развитости (в пределах исследованного участка). Несмотря на врезанный характер излучин, скорость их горизонтального смещения за последние 60 лет достаточно высока. На исследованном участке р. Медвенки средние скорости горизонтальных деформаций достигли 12 см/год (5–10 м за 60 лет), что составляет около 4% ширины русла. В местах резких перестроек русла его смещения за 60 лет составили 15 м, что соответствует 0,25 м/год (8–10%). Относительные скорости горизонтальных деформаций русла очень малой реки существенно выше, чем на более крупных реках, где они составляют доли процента [5]. Наиболее повышенная часть шпоры смещена к верхнему крылу каждой излучины, что свидетельствует об их продольном смещении. Молодая пойма, образующаяся в результате смещения излучин, благодаря врезанию реки быстро достигает критической высоты и превращается в надпойменную террасу. По мере врезания реки и развития излучины высокая часть шпоры замедляет смещение верхнего крыла, что приводит к ее асимметрии. Спрямление излучин возможно как в результате сближения крыльев и размыва перешейка (если затопление шпоры в половодье не происходит), так и с образованием протоки при переливе воды через



Рис. 4. Излучина № 6 р. Медвенки и останец террасы в ее верхнем крыле (фото автора)

пойму, как в случае излуины № 3. В обоих случаях происходит размыв фрагмента террасы с образованием останца в шпоре излуины.

На морфологию и развитие как излуин, так и прямолинейного русла у коренного берега оказывают влияние оползни, заломы и наледи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шпак И.С.* Опыт изучения гидрологических особенностей малой реки (на примере р. Медвенки, бассейн р. Москвы): Дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1947. 148 с.
2. *Субботин А.И., Дыгало В.С.* Экспериментальные гидрологические исследования в бассейне р. Москвы. М.: Гидрометеониздат, 1991. 262 с.
3. *Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В.* Речные излуины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
4. *Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Чернов А.В. и др.* Сток воды и морфология русел рек Русской равнины в позднеледниковое время и в голоцене (по данным палеоруслового анализа) // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 2000. Вып. 12. С. 196–230.
5. *Петухова Л.Н., Рысин И.И.* Особенности развития горизонтальных русловых деформаций на реках Удмуртии // Эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейне Верхней и Средней Волги. Ижевск: Изд. дом “Удмуртский университет”, 2005. С. 166–187.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
01.02.2008

SMALL RIVER CHANNEL'S FORMATION IN THE SOUTHERN FOREST ZONE OF THE EAST-EUROPEAN PLAIN (MEDVEDENKA RIVER AS AN EXAMPLE)

A.M. TARBEYEVA

Summary

Using the unique data of long-term hydrological observations and detailed topographic survey of river bed in 1946 author evaluated the rate of vertical and lateral channel deformations, the influence of log gorges, icings, and landslides on channel forms development, the features of small river floodplain-terrace complex formation.