

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК

Николай АРНАУТ

Кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии и сейсмологии, Email: arnaut_nic@mail.ru

***Abstract.** Analysis of the main factors river channels formation has been performed the example of small rivers of the Republic of Moldova. Characteristics and peculiarities of each individual factor influencing channel processes were taken in account. Quantitative and qualitative changes of these factors under the influence of different anthropogenic conditions were elucidated.*

***Keywords:** channel process, water flow, bottom and suspended sediments, small rivers, anthropogenic conditions.*

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия все большее внимание во всех регионах уделяется исследованию малых рек. Это связано с реальным осознанием роли этих водных объектов в функционировании средних и крупных рек, притоками которых они являются. Кроме того, к этому вынуждает и существенно ухудшившееся в последние десятилетия экологическое состояние малых водотоков, связанное с возросшей антропогенной нагрузкой на них. Наряду с этим, малые реки представляют большой научный интерес как недостаточно еще изученные объекты для гидрологических и русловых исследований. Все вышеотмеченное в полной мере относится и к малым рекам, расположенным на территории Республики Молдова. Высокая плотность населения, интенсивное развитие сельского хозяйства, зарегулированность стока воды искусственными водоемами, обезлесивание территории, неупорядоченные водоотводы, сбросы неочищенных сточных вод, массовое спрямления и обвалование русел, и многие другие факторы привели к изменениям в гидрологическом и русловом режиме этих рек.

Все вышеотмеченное привело к уменьшению водности малых рек, в ряде случаев происходит заиление русел. Кроме того, коренным образом изменился режим увлажнения пойм, произошли необратимые изменения в характере протекания русловых процессов. В этих условиях первостепенное значение приобретает разработка долговременной стратегии восстановления, рационального использования и охраны малых рек. При решении этой проблемы важная роль принадлежит русловым исследованиям малых рек, направленным на выявление закономерностей формирования и развития русел в условиях воздействия различных антропогенных и других факторов формирования русел.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При проведении русловых исследований малых рек Молдовы были использованы методические подходы, разработанные в рамках гидроморфологической теории руслового процесса Государственного гидрологического института (г. Санкт-Петербург) и концепции формирования и развития русел Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова [6, 9, 19]. Основу первого подхода составляет гидроморфологический анализ, включающий комплекс практических приемов изучения натуральных и фондовых материалов для выявления русловых форм, закономерностей их развития и связей с определяющими факторами [6, 11, 13, 14]. При этом он исходит из дискретных представлений о русловом процессе, структурных уровнях, типизации форм проявления руслового процесса и включает широкий круг вопросов. В данной работе рассмотрен анализ основных факторов и их изменений под влиянием различных антропогенных воздействий. Он выполнен на основе различных натуральных и фондовых материалов. Решение указанных задач предполагало проведение комплексных натуральных исследований и привлечение для их реализации различных фондовых гидрологических, геологических, топографических и других

материалов. Были также использованы результаты по смежным областям и архивных сведений. При этом следует отметить, что отсутствие в полном объеме необходимой для гидроморфологического анализа информации не позволило в полной мере использовать всю совокупность приемов гидроморфологического анализа для решения отмеченных задач. Использованная нами методика включала: подбор, анализ и подготовка топографических материалов для определения по подготовленным картам различных количественных характеристик русел, долин и взяты малые реки междуречья Днестр _Прут в пределах территории республики Молдова. Общее число исследованных рек составило 40, из которых в бассейне р. Днестр -17 рек, р. Прут-15 и р. Дунай -8 рек. Площади водосборов абсолютного большинства малых рек и водотоков колеблется в пределах от 100 км² до 4000 км².

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Развитие руслового процесса обусловлено сочетанием различных природных факторов, основными из которых, согласно [6] являются сток воды, наносов и ограничивающие факторы. Качественная и количественная взаимосвязь их с русловым процессом в настоящее время еще до конца не исследована. Имеющиеся попытки количественной оценки влияния указанных факторов на тип и характеристики руслового процесса не обладают достаточной степенью общности и не позволяют в полной мере характеризовать процесс формирования русел рек. В первую очередь это касается жидкого и твердого стока. При их анализе для условий малых рек Молдовы наибольший интерес, тем не менее, представляет оценка их основных величин - среднегодового (Q_0) и среднегодового максимального ($Q_{\text{макс.}}$) расходов воды и их изменчивости под влиянием различных антропогенных факторов, вносящих определяющий вклад в формирование морфологии русла реки. Представленный ниже анализ факторов формирования русел малых рек основан как на собственных исследованиях автора, так и на результатах, полученных в рамках смежных научных дисциплин.

Сток воды

Подробный и достаточно полный перечень имеющихся публикаций, касающихся данного вопроса, приведен в [3]. Однако значительная часть авторов этих работ рассматривают его на качественном уровне. Наиболее детальные и обобщенные количественные результаты о стоке малых рек рассматриваемого региона получены по данным, приведенным в [2, 5, 7, 12, 15, 17]. Из анализа указанных материалов следует, что условия формирования стока малых рек по территории крайне неоднородны, что обуславливает неравномерное распределение стока. Наблюдается заметная изменчивость стока и во времени. Для территории Молдова характерно частое выпадение интенсивных ливневых дождей преимущественно в теплое время года, при которых формирующиеся максимальные расходы воды в реках, как правило, существенно превышают расходы весеннего половодья [15, 17]. Однако режим формирования дождевого стока во времени неустойчив. В отдельные годы величина стока значительна, а в некоторые годы сток почти отсутствует [15, 18]. Следует отметить также относительно высокую инфильтрационную способность на водосборах, частые оттепели в зимний период, высокое испарение с поверхности водосборов и водоемов, значительную расчлененность территории, карстовые явления и некоторые другие, которые оказывают существенное влияние на формирование и режим стока малых рек.

Отмеченные особенности условий формирования обуславливают величины и изменчивость его основных количественных характеристик (Q_0) и ($Q_{\text{макс.}}$). Существенная дифференциация наблюдается и в расчетных величинах среднегодового максимального паводочного стока, который изменяется в пределах 5.4 - 44.9 м³/с, а максимально наблюдаемые расходы - 26.2 - 349 м³/с. Отношение ($Q_{\text{макс.}}/Q_0$) составляет в среднем, 50 - 80 и свидетельствует о значительной неравномерности режима стока. Вместе с тем, необходимо отметить, что за последние десятилетия на величину речного стока оказали существенное

влияние различные антропогенные факторы. Наиболее заметное влияние на изменения стока оказало зарегулирование его различными искусственными водоемами. Массовое строительство которых особенно интенсивно происходило в течении примерно 1950-1970 гг. По данным [16], средняя зарегулированность стока малых рек на территории Молдовы за период с 1945 по 1970 возросла более чем в 4 раза. Принимая во внимание отмеченное и учитывая высокие значения испарения с водной поверхности (600 - 850 мм в год) можно предположить, что за период с 1945 по настоящее время водность малых рек региона существенно понизилась. Количественным подтверждением этого служат результаты исследований [8], Согласно им среднее многолетнее значение естественного годового стока для ряда рек юга Украины и Молдовы за счет испарения с водоемов и орошения уменьшилась на 30-40 %, достигая для отдельных бассейнов 60% (р. Ялпуг, р. Сарата и т.д.). Таким образом, по различным оценкам водность малых рек Молдовы в условиях хозяйственной деятельности понизилась почти в 2 раза. Наряду с этим несколько возросли значения максимальных расходов дождевых паводков малых рек. В этих условиях следует ожидать и изменений характера и темпов русловых деформаций, а также параметров русловых форм малых рек. Оценить, однако, эти изменения не представляется возможным, так как в результате проведенных в 1960-70 гг. мероприятий по массовому спрямлению и обвалованию большинства малых рек качественно изменились условия развития русел. Можно лишь предположить, что в результате начавшего уменьшения общей водности понизились темпы плановых деформаций русел и усилились процессы аккумуляции наносов. Некоторым косвенным доказательством снижения темпов русловых деформаций малых рек могут служить результаты сопоставления разновременных топографических материалов по некоторым рекам (р. Б. Ялпуг, р. Когильник), а также несоответствие средних размеров излучин на малых реках наблюдаемой величине стока воды. Высказанные соображения позволяют сделать вывод о том, что в современных условиях развитие руслового процесса происходит при существенно измененной водности рек и водном режиме. В настоящее время следует рассматривать влияние трансформированного стока на русловые процессы в новых условиях, связанных с массовым спрямлением русел. В спрямленных руслах с песчаным дном наблюдается побочный тип руслового процесса с относительно устойчивым русловым режимом. Как показано в [3], наиболее активное развитие побочной обусловлено расходами, превышающими (0.15 - 0.25) Q_0 . На некоторых участках происходит перерождение отдельных побочней в слабовыраженные излучины. Величина плановых деформаций на этих участках составляет 3 - 6% ширины меженного русла в год [3].

Сток наносов

Особенности формирования, величина и изменчивость стока наносов на территории Молдовы в современных условиях обусловлена влиянием следующих факторов: высокой расчлененностью водосборов (свыше 80% территории имеет расчлененность 1.0 - 1.5 км/км³), относительно низкой устойчивостью почв к размыву, значительной эродированностью, низкой залесенностью территории (примерно 8%), ливневым режимом осадков, высокой распаханностью земель (76 - 80%), зарегулированностью стока воды искусственными водоемами и другими видами хозяйственной деятельностью. Отмеченные факторы создают благоприятные условия для формирования стока наносов. Качественных и количественных оценок влияния стока наносов в литературе мало. Имеющиеся разработки по оценке характеристик стока наносов основываются на двух методических подходах: на основе использования данных о заиливании водоемов и на основе непосредственных измерений взвешенных и донных наносов. Первый подход реализован, например, в работе [4], в которой на основе картирования среднегодовых модулей стока наносов с малых бассейнов на территории Молдовы были выделены три района. В пределах их значения среднегодового модуля стока и его коэффициента вариации изменяются соответственно: $M_s = 1.12$ тыс. т/км² - 1.88 тыс. т/км², $C_v = 0.87$ - 1.08. Второй подход включает данные наблюдений за стоком наносов в руслах малых рек. Модуль стока наносов M_s для малых рек Молдовы изменяется от 0.26 г/с км² (р. Бык, г. Кишинев) до 47.3 г/с км² (балка Тараклия, пгт. Тараклия) или 0.0082

тыс. т/км² год - 1.49 тысяч т/км² год, а коэффициент вариации C_v в пределах 0.59 - 1.68. Состав взвешенных наносов малых рек неоднороден и включает частицы с диаметрами от 0.1 мм до 0.001 мм, что соответствует пылевато-илистыми глинистым наносам. В составе донных отложений встречаются наносы с диаметрами 1.0 - 0.01 мм. Кроме того, имеются также участки русел (рр. Реут, Каменка, Бык), где в составе донных отложений преобладает мелкий гравий. Приведенные оценки характеристик твердого стока в значительной степени испытывают влияние различных антропогенных факторов. Можно выделить три временных периода: до 1800 г, 1800 - 1960 и период после 1960 г. Первый и третий периоды характеризуются, по видимому, малоизменяющимися условиями формирования стока наносов. Период примерно с 1800г. по 1960 г. условно можно назвать переходным. Доля распаханых земель на этом этапе увеличилась с 5% (1810 г.) до примерно 70% (1960 г.). Есть все основания предполагать, что до начала интенсивной хозяйственной деятельности (1800 г), русла малых рек формировались при незначительном по сравнению с современным периодом поступления с водосборов твердого стока и значительном берегоукрепляющем влиянии естественной растительности. С началом возрастания хозяйственного освоения бассейнов малых рек эти естественные условия стали нарушаться. Вследствие этого, усилились эрозионные процессы на водосборах, начались процессы аккумуляции наносов на отдельных участках и, как результат, интенсивная активизация русловых процессов и формирования излучин.

Ограничивающие факторы

Ограничивающие факторы русловых процессов малых рек представляют собой группу естественных и антропогенных факторов, характеризующих степени свободы в развитии русел. Они включают геолого-геоморфологические условия (строение долин и их характеристики, состав слагающих дно долины и русла грунтов и др.). Кроме того, к этим факторам относятся гидротехнические сооружения в русле и пойменноограничивающие плановые и глубинные русловые деформации. При этом в качестве таких факторов могут быть любые препятствия по своим размерам соизмеримые с шириной реки. Влияние таких препятствий проявляется локально. По геолого-геоморфологическим условиям можно выделить участки свободного и ограниченного развития руслового процесса. Ограниченные условия характерны для малых рек северной зоны Молдовы (рр. Драдиште, Чугур, Раковец, Куболта, Кайнар, Каменка, средней части р. Реут), а также рек центральной части республики (рр. Икель, Бык). При этом, степень ограничения развития русел в долинах этих рек различна и изменяется от $B_0 \approx B$ до $B_0 \approx 5B$ для участков с врезанными руслами, и от

$B_0 \approx B_{пр}$ до $B_0 \approx 2 B_{пр}$ для участков с ограниченным меандрированием (B_0 – ширина dna долины, B – ширина русла в пойменных бровках, $B_{пр}$ - ширина пояса руслоформирования). Участки врезания русел малых рек Молдовы соответствуют, как правило, областям пересечения долинами гряд рифов, имеющих распространение в северной части региона. Эти участки характеризуются и более устойчивым к размыву литологическим составом, преимущественно известняками. Антропогенные ограничивающие факторы включают дамбы обвалования, различные мостовые переходы, опоры линий электропередач, искусственные русловые водоемы и другие препятствия, расположенные в поймах малых рек. Влияние таких факторов временно и определяется сроком службы конкретного сооружения. Наибольшее распространение и значение для условий малых рек имеют дамбы обвалования спрямленных русел, затрудняющих их плановые деформации, водоемы, создающие местные базисы эрозии, а также высокая урбанизированность территорий, в пределах которых протекают малые реки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ основных факторов руслового процесса малых рек Молдовы выявил:

а) для стока воды - уменьшение общей водности (нормы годового стока) малых рек за последние 40 - 50 лет примерно на 30 - 50% вследствие испарения с водной поверхности водоемов и орошения. В настоящее время наблюдается тенденция к дальнейшему его уменьшению.

б) для стока наносов-увеличение относительно прошлых естественных условий (до 1800 г.) объемов наносов примерно в 2 раза и изменения гранулометрического состава донных и взвешенных наносов, а также увеличения в составе их (на 50%) процентного содержания пылевато-илистых фракций, что снизило интенсивность русловых деформаций.

в) для ограничивающих факторов - появление дополнительных ограничивающих условий (дамб обвалования и т. д). Наибольшее антропогенное влияние на русловой процесс малых рек оказали спрямления и обвалования русел, которые привели к смене типов руслового процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Атлас Молдавской ССР*. М.: ГУГК, 1990. с. 18.
2. *Водные ресурсы Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1985. с. 3-24.
3. *Гидрологическая изученность Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1989. 75 с.
4. ГЕНДЕЛЬМАН, М.М. К вопросу о механизме переработки берегов речных русел. *Метеорология и гидрология*, №12, 1975. с. 89-94.
5. СЛАСТИХИН, В.В.; УКРАИНСКАЯ, Т.Э. Условия формирования паводков в ливнеактивном районе. *Географические проблемы Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1976. с. 61-67.
6. КОНДРАТЬЕВ, Н.Е.; ПОПОВ, И.В.; СНИЩЕНКО, Б.Ф. *Основы гидроморфологической теории руслового процесса*. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 271 с.
7. ЛАЛЫКИН, Н.В. Расчет нормы годового стока малых рек Молдавии. *Труды УкрНИГМИ*, выпуск 228, 1988. с. 74-82.
8. ЛОБОДА, Н.С. *Влияние орошения и искусственных водоемов на характеристики годового стока рек юга Украины и Молдавии*. Автореф. дисс. ... кандидата географических наук. Одесса, 1984. 19 с.
9. МАККАВЕЕВ, Н.И.; ЧАЛОВ, Р.С. *Русловые процессы*. М., Издательство МГУ, 1986. 264 с.
10. МИХАЛЬСКАЯ, Л.Д.; ВОЛОШИН, И.И.; ДУДЧЕНКО, Е.В. К вопросу о внутригодовом распределении стока рек Молдавии и юга Украины. *Труды УкрНИГМИ*. Вып. 207, 1986. с. 33-39.
11. ПОПОВ И.В. *Деформации речных русел и гидротехническое строительство*. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 363 с.
12. *Проблемы использования и охраны вод Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1988. 79 с.
13. *Рекомендации по учету руслового процесса при проектировании ЛЭП*. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 179 с.
14. *Русловой процесс*. Под ред. Н.Е. Кондратьева. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 372 с.
15. СЛАСТИХИН, В.В.; УКРАИНСКАЯ, Т.Э. Условия формирования паводков в ливнеактивном районе. *Географические проблемы Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1976. 61-67.
16. СЛАСТИХИН, В.В.; ХМЕЛИНСКИЙ, С.М. Динамика зарегулированности местного стока искусственными водоемами. *Проблемы географии Молдавии*. Вып. 10. Кишинев: Штиинца, 1975. с. 101-114.
17. УКРАИНСКАЯ, Т.Э. Гидрологическое обеспечение проектирования гидротехнических сооружений на малых водосборах Молдавии. *Географические исследования природы и хозяйства Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1981, с. 41-52.
18. УКРАИНСКАЯ, Т.Э.; СЛАСТИХИН, В.В. Сезонный сток малых рек Молдавии. *Природные условия и хозяйство Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1980. с. 81-93.