

РОЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ФОРМИРОВАНИИ РЕЛЬЕФА РЕЧНЫХ РУСЕЛ

© 2021 г. К. М. Беркович^{1,*}, Л. В. Злотина^{1,**}

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

**E-mail: berkovitch@yandex.ru*

***E-mail: zleonora@yandex.ru*

Поступила в редакцию 28.01.2020 г.

После доработки 19.06.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

В долинах и руслах рек создано огромное количество различных инженерных сооружений, проводятся работы, которые преобразовали их облик и характер эрозионно-аккумулятивных процессов. Роль инженерной деятельности в формировании и преобразовании рельефа речных долин и русел мало освещается в современной геоморфологической литературе, но требует большого внимания из-за усиления и расширения деятельности человека по регулированию и использованию рек. Кроме крупных сооружений, таких как большие плотины, региональные дамбы обвалования и магистральные каналы, к сфере использования ресурсов рек относится огромное количество сооружений меньшего масштаба, располагающихся внутри речного русла и играющих большую роль в морфодинамике рек благодаря широкому распространению и косвенным последствиям. Эта категория антропогенных форм охватывает широкий диапазон инженерных сооружений и мероприятий, которые, подвергаясь действию водного потока и вступая с ним во взаимодействие, развиваются и преобразуются по законам природы, становясь естественно-антропогенными формами. Работа выполнена на основе натурных исследований русловых процессов на реках Оби, Оке и Белой, в высокой степени измененных в ходе деятельности человека.

Ключевые слова: антропогенное влияние, русла рек, пойма, инженерные сооружения

DOI: 10.31857/S0435428121020127

Вмешательство человека в рельеф и геоморфологические процессы на Земле имеет длительную историю — несколько тысяч лет. Оно заключается в создании новых форм, подобных естественным формам рельефа, перемещении огромного количества материала и инициировании эрозионно-аккумулятивных процессов, ранее не наблюдавшихся. Созданные человеком формы рельефа во многих местах коренным образом изменили направленность и интенсивность развития флювиальных процессов. В результате природное развитие форм рельефа меняется или развиваются новые, нетипичные для данного места и времени процессы. Созданный или модифицированный человеком рельеф, будучи основой ландшафта, формирует его новый облик. Эти изменения связываются часто на всем природном комплексе [1], на его экологической значимости.

Существенные вмешательства человек осуществлял в том числе и в сферы, связанные с использованием водных ресурсов, которое относится к самым древним видам воздействия на рельеф речных бассейнов и речных долин, уходящего на

несколько тысяч лет до нашей эры. Особенно влиятельным преобразование рельефа речных долин стало в XX веке с развитием технических средств и технологий. Роль инструмента, посредством которого человек приспособливает реки для использования в экономике, играют гидротехнические сооружения и работы. Большинство сооружений представляют собой объекты, изменяющие рельеф речной долины и русла, не свойственные их естественному состоянию в данном месте и времени и сооруженные из искусственных или привозных материалов. Целью служат регулирование стока рек, обеспечение благоприятных условий использования ресурсов рек и защита от опасных для человека явлений. Инженерные объекты, а также процессы, развивающиеся при участии техногенных факторов, изучаются в рамках антропогенной геоморфологии, которая сравнительно мало внимания уделяет антропогенному рельефу, создаваемому в речных долинах и руслах, хотя многие антропогенные формы, связанные с использованием водных ресурсов, включены в существующие клас-

сификации [2]. Обычно с точки зрения вклада в морфологию долин и русел рек особое внимание уделяют: 1) насыпным формам – плотинам и дамбам обвалования, 2) выработанным формам – искусственным руслам – каналам [3]. Эти формы являются наиболее выдающимися и поэтому привлекающими внимание. При их создании по земной поверхности перемещалось огромное количество материала, исчисляемого десятками и сотнями кубических километров. Однако ими не исчерпывается большой ряд разнообразных инженерных сооружений и мероприятий, которые меняют рельеф речной поймы и русла: водозаборные сооружения, мостовые переходы, выправительные, берегозащитные и регулировочные сооружения, русловые и пойменные карьеры, спрямления излучин, малые плотины [4]. Но механизму действия этих форм и их роли в развитии флювиальных процессов уделяется мало внимания.

Антропогенные формы – гидротехнические сооружения и работы в речном русле вносят изменения в естественные процессы переформирования и транспорт наносов. В большинстве случаев происходит смена направленности русловых деформаций, их ускорение, изменение периодичности деформаций и закрепление форм русла. Развиваются новые формы рельефа, другие распадаются. Гидротехнические сооружения меняют пространственное и временное распределение стока, гидравлические характеристики и структуру потока, что нередко приводит к развитию стихийных процессов.

Возведение сооружения или выработка понижения является прямым результатом целенаправленной деятельности. Оно сопровождается косвенными последствиями, обычно ненамеренными – возникновением вторичных форм, а также процессов в русле и на пойме, как результат действия основной формы. Кроме того, к косвенному воздействию относятся и антропогенные нарушения в речных бассейнах (сельскохозяйственные, лесотехнические, мелиоративные), сказываясь на изменении режима стока воды и наносов.

Работа основана на многолетнем исследовании речных русел, находящихся под антропогенным прессом разной степени. Исследованы изменения морфологии русел Оби, Оки, Белой и др., а также динамики рельефообразующих процессов, развивающихся в результате создания инженерных сооружений и ведения инженерных работ, таких как плотины, регулиционные сооружения, разработка русловых карьеров, дноуглубительные работы.

Среди сооружений и мероприятий, так или иначе связанных с использованием водных ресурсов, выделяются две категории. Первая – искусственные сооружения, относящиеся к рельефу речной долины, они оказывают длительное

региональное влияние на рельефообразующие процессы. Вторая категория искусственных форм относится к рельефу речного русла, их влияние варьирует от локального до регионального, длительность существования обычно средняя, реже долговременная.

К первой категории относится, прежде всего, крупное гидротехническое строительство. Под этим термином понимается создание крупных водохранилищ в результате подпора рек плотинами высотой более 15 м. Плотины построены на 14% рек мира. Возрастание геоморфологического значения плотин иллюстрируется фактом увеличения количества больших плотин с 5750 в 1950 г. до 41000 в 2000 г. Большие плотины рассчитаны на длительный период существования – столетия и, благодаря этому, играют ведущую роль в преобразовании морфологии многих речных долин.

Влиянию крупного гидростроительства на рельеф и процессы в речных долинах и руслах посвящена обширная литература, решительный вклад в эту тему внес Н.И. Маккавеев [5]. Поэтому здесь мы не будем уделять ему большое внимание. Отметим только, что аналогом плотины в естественных условиях является перегораживание реки обвалом или оползнем, характерное преимущественно для горных регионов. Сооружение плотины – целенаправленное мероприятие, предназначенное для создания водохранилища – искусственного водоема для регулирования стока. С плотинами связаны обширные вторичные формы, например, выемки для обеспечения материалом сооружение основной формы. Главным последствием возведения больших плотин является нарушение продольной связанности речной системы: разрыв транспорта наносов и стока воды. Косвенные последствия сооружения плотины распространяются вверх и вниз по течению в виде не проявлявшихся ранее геоморфологических процессов – обвально-осыпных, оползневых, абразивных процессов в пределах водохранилищ, эрозионно-аккумулятивных процессов, включая формирование дельт, глубинную эрозию в нижних бьефах плотин, регрессивную аккумуляцию. Характер русловых процессов изменяется на большом расстоянии ниже плотины, наиболее яркое проявление – глубинная эрозия. В среднем в мире врезание ниже больших плотин составило 2.0–2.5 м, распространившись на несколько десятков километров [6], хотя максимальные величины в три-четыре раза больше.

Итогом существования плотины служат заиление водохранилища и формирование новой геоморфологической поверхности. Срок заиления водохранилищ зависит от их объема и размеров стока наносов и обычно рассчитан на сотни лет. Уничтожение плотины приводит к врезанию и формированию террасированной долины.

К средствам защиты от нежелательного затопления относятся дамбы обвалования, располагающиеся параллельно речному руслу на некотором удалении от него, отсекающие пойму или ее часть. Дамбы также представляют собой основную антропогенную форму рельефа дна речной долины. Они сопровождаются, как правило, вторичными формами рельефа противоположного знака, так как материал для сооружения дамб зачастую берется по соседству путем экскавации, в результате появляются заболоченные низменности и выемки пойменных карьеров, протягивающиеся параллельно дамбам. Основным косвенным последствием обвалования является ограничение поперечной связанности речной системы — взаимодействия русла и поймы, изменение транспорта наносов, морфологического облика поймы.

Хотя поперечные сечения дамб обвалования сравнительно небольшие (их высота не более 10–15 м), геоморфологическая значимость обвалования очень велика, особенно на равнинных территориях. Так как длина дамб обвалования достигает нескольких тысяч километров [3], их сооружение требует перемещения большого количества материала. Противопаводковые дамбы влияют на гидравлические характеристики потока и транспорт наносов. При обваловании речного русла изменяется характер речного потока: сжатие потока дамбами приводит к росту уровня воды и скорости перемещения паводковой волны; вследствие уменьшения пойменной емкости увеличивается расход потока, как на участке обвалования, так и ниже по течению; увеличивается скорость потока, усиливается его размывающая способность.

Вслед за строительством часто начинается ускоренное накопление наилка на оставшейся внутри дамб части пойм. Нарастание поймы объясняется тем, что большая часть воды (80% и более) и наносов проходит в русле при средних уровнях, и отсечение части поймы не избавляет от отложения наилка. В частности, и по этой причине в междамбовом пространстве уровень паводка растет, что заставляет наращивать высоту дамб, это наблюдалось во многих регионах, особенно заметно на реках Китая, отличающихся исключительно высоким стоком наносов. Гребни дамб на р. Хуанхэ до создания в бассейне водохранилищ приходилось наращивать на 1 м каждые 10 лет. Дамбы сооружаются из местных природных, в основном, материалов. Геоморфологическая роль дамб обвалования — как форм средней (по Ф.Н. Милькову [6]) длительности существования, требующих обслуживания и ремонта, увеличивается с течением времени.

Магистральные каналы — основная выработанная форма антропогенного рельефа регио-

нального значения, создаваемая целенаправленно для перераспределения водных ресурсов по территории. Они широко распространены преимущественно на равнинных территориях. По сути это — искусственные русла. Магистральные каналы протягиваются на сотни километров, часто они имеют укрепленное поперечное сечение заданной формы и пропускной способности. При строительстве каналов перемещается большое количество материала, достигающее сотен миллионов кубических метров. Материал чаще всего складывается в виде обвалования по обоим берегам или заполняет природные депрессии, создавая вторичные положительные формы рельефа. Так, при строительстве канала Москва—Волга длиной 128 км было извлечено и перемещено более 200 млн м³ грунта.

Каналы, особенно мелиоративные, оказывают заметное косвенное влияние на естественные водотоки и водоемы вследствие увеличения или уменьшения расходов воды. Примеры полного изменения характера деформаций и руслового рельефа рек при переброске стока приводит И.Ф. Карасев [7]. Характерно влияние, которое оказало изъятие на орошение стока рек Амударьи и Сырдарьи: в результате уменьшения стока рек исчезло Аральское озеро, на месте которого образовался участок суши.

Инженерные сооружения и мероприятия, изменяющие рельеф речного русла, как правило, не нарушают принципа продольной и поперечной связанности речной системы, а включены в общие русловые процессы. Среди антропогенного рельефа речных русел многочисленны так называемые переливные (низконапорные) плотины, которым в литературе уделяется крайне мало внимания. Десятки тысяч подобных плотин были построены начиная с XVII века при фабриках и заводах, для борьбы с эрозией, улучшения условий судоходства. Это привело к региональной трансформации характеристик русла и поймы многих рек, нарушениям стока воды и наносов. В России фабричные плотины распространены на реках бассейна р. Камы: на Белой, Уфе, Иже, Вотке, а также в других бассейнах. Каскад плотин, обеспечивающих судоходство, построен на реках Москве и Оке на рубеже XIX–XX веков, первоначальные переливные плотины к настоящему времени реконструированы (последними реконструированы плотины на р. Оке: Белоомутская и Кузьминская, построенные к 1914 г.).

Высота переливных плотин не превышает уровня бровки, так что затопления поймы не происходит. Старые плотины были деревянными или каменными, их долговечность невелика, и они требовали частого ремонта. Современные плотины выполняются из искусственных материалов.

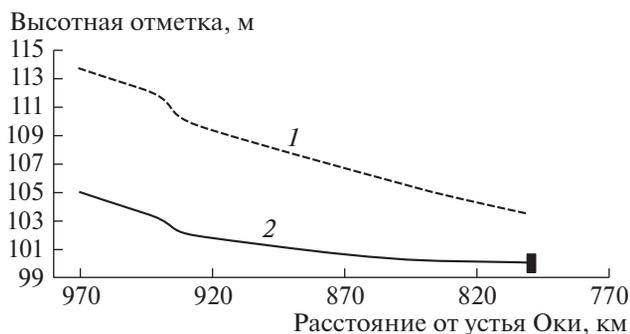


Рис. 1. Зона подпора Белоомутской плотины.
Кривые водной поверхности: 1 — в половодье, 2 — в межень 2014 г.

Главная цель создания таких плотин — формирование плеса с низкими скоростями течения и большими глубинами. Благодаря повышению отметки водной поверхности в межень, плотина обеспечивает адекватные глубины для водозаборов и судоходства. Низконапорные плотины, особенно их каскады, коренным образом меняют продольный профиль дна и водной поверхности реки. Водная поверхность в межень приобретает вид кривой подпора. Дальность распространения подпора обычно определяется отношением высоты плотины к исходному уклону реки и, в случае переливных плотин, зависит также от уровня воды в реке, т.е. фазы гидрологического режима (рис. 1).

С повышением уровня воды в реке, когда поток все более свободно проходит через плотину, длина зоны подпора выше плотины уменьшается, а скорость течения в бьефе возрастает до бытовых значений.

Ниже плотины, если она не подперта нижележащей плотиной, может развиваться эрозия, что является следствием формирования вихревой зоны у нижней грани плотины. Длина участка эрозии сравнительно небольшая, так как она происходит в период межени, а также вследствие того, что в период высокой водности поток и наносы передвигаются через плотину свободно. Так, на Оке эрозия, глубиной около 0,8 м, развивалась с конца 1930-х годов ниже Кузьминского гидроузла.

Наносоудерживающая способность зон подпора выше переливных плотин относительно невелика, она связана с крупностью наносов и временем удержания воды, содержащей наносы. В случае переливных плотин время удержания малое, при этом гидравлические условия со сменой фаз меняются. Средний годовой сток руслообразующих наносов Оки у Белоомута составляет около 170 тыс. т. При низких уровнях происходит осаждение взвешенных наносов, однако, с ростом уровня отложенный материал приходит в

движение. Поэтому аккумуляция не имеет широкого развития, тем не менее, отдельные ложбины заносятся. Сравнение продольных профилей дна в пределах бьефа Белоомутской плотины за 1988–2014 гг. показывает, что скорость заиления ложбин составляла около 8 см в год.

Выше плотин, созданных несколько столетий назад, исходное русло часто погребено наносами, во многих случаях их слой достиг высоты плотин 2,5–3,5 м. Уничтожение или разрушение плотин в последние 100 лет на некоторых реках привело к врезанию и формированию террас. На участках подпора низконапорных плотин не исключены горизонтальные деформации. Так, в бьефе Белоомутского гидроузла, где русло Оки образует крутые излучины, средние скорости размыва вогнутых берегов с 1977 по 2016 г. составляли 2–5 м в год, т.е. такие же, как на свободном участке Оки в районе Рязани. Причина значительных темпов деформаций — длительное (более полугодя) пребывание грунтов пойменных берегов в водонасыщенном состоянии, в результате чего береговые откосы теряют устойчивость. В случае бьефа Белоомутского гидроузла одним из факторов горизонтальных деформаций служит разработка подводных карьеров строительных материалов, при которой происходит понижение отметки дна и, соответственно, потеря устойчивости откосов.

Наиболее распространенными искусственными формами рельефа речных русел являются выправительные сооружения. Номенклатура их очень велика: к ним относятся запруды, полузапруды (буны), донные пороги, берегоукрепительные стенки и покрытия и многое другое. Выправительные сооружения в ряде случаев подобны естественным формам руслового рельефа (намывные пляжи, донные пороги, намывные территории на поймах), но чаще отличаются от них по форме, расположению и материалу, они соизмеримы с размерами речного русла, располагаются непосредственно в русле и их морфологические проявления и влияние предполагаются локальными, но они часто трансформируют русло на больших участках рек. Роль их заключается в изменении структуры потока, скоростей течения и уровней воды. Их действие рассчитывается на десятилетия, хотя на многих реках они существуют уже столетия; они изготавливаются преимущественно из местного обломочного материала и часто требуют ремонта в течение времени функционирования, т.е. происходит постоянное вмешательство в естественные процессы, увеличиваются размеры и степень влияния сооружений на морфологию русла и скорость деформаций. Выправительные сооружения, создаваемые целенаправленно, например, для увеличения глубины, перенаправления потока, закрепления положения русла, уменьшения уклона, производят активное косвенное воздействие, включающее

ускорение естественных процессов, что часто не запланировано и является неожиданным. Например, защита берега реки от размыва посредством строительства полузапруд при неправильном их расположении и неверном расчете размеров приводит к интенсивным размывам противоположного берега.

Создание системы полузапруд, благодаря возбуждаемой ею структуре потока и заполнению наносами пространства между сооружениями, приводит к развитию таких форм руслового рельефа, как стабильные побочни. Последние, взаимодействуя с потоком, развиваются естественным путем и превращаются в пойменные массивы природно-антропогенного происхождения, описанные ранее на средней Оби [8]. Много полузапруд из гравийно-галечного грунта построено в русле р. Белой в Башкирии. В настоящее время на 400-километровом участке ниже Уфы насчитывается более 200 сооружений, в то время как в начале 1940-х годов их было около десятка. Степень стеснения русла сооружениями различна на разных перекатах; в среднем отношение ширины судоходной трассы к исходной ширине русла составляет около 0.6.

Наиболее заметные и представительные природно-антропогенные русла возникают в результате выправления рек двухсторонним стеснением русла системами полузапруд, которое способствует уменьшению ширины и инициирует глубинную эрозию. На многих европейских реках такое выправление производилось столетие назад (Одра и Висла в нижнем течении, Рейн и др.). Это привело к полному преобразованию морфологии русла и формированию новой поймы.

Так как выправительные сооружения выполняются из материалов, частью привезенных из береговых карьеров, а частью взятых из русла реки, то их создание подразумевает возникновение вторичных отрицательных форм – выемок и понижений на поймах, террасах или в русле.

Выработанные формы антропогенного руслового рельефа включают принудительное спрямление излучин и русловые карьеры. Сокращение длины реки, обычно меандрирующей, служит средством борьбы с наводнениями и создания благоприятных условий судоходства, и позволяет увеличить уклон и ускорить прохождение паводка. Оно производится путем спрямления излучин и их серий, что можно рассматривать как создание своего рода каналов. Новые русла спрямлений развиваются самим потоком по пионерным траншеям, разработанным техникой. В Германии при регулировании верхнего Рейна в XIX веке сокращение длины реки вследствие спрямления 8 излучин составило 120 км. Спрямление 16 излучин р. Миссисипи сократило длину реки на 270 км [3]. В каналах спрямлений развиваются

интенсивные русловые деформации – эрозия дна, которая сопровождается обрушением берегов. Влияние спрямления, вследствие увеличения уклона, распространяется на большое расстояние вверх по течению реки, где проявляется эрозия. Так, врезание русла Рейна составило 7 м. Ниже спрямления часто происходит аккумуляция наносов и формирование новых русловых форм.

Создание новых русел сопровождается возникновением вторичных форм положительного знака – отвалов грунта на берегах спрямляющего канала в виде насыпей, аналогичных естественным прирусловым валам. В качестве косвенного влияния на рельеф можно отметить возникновение староречий, превращающихся в озера и заболоченные низины.

Русловые и пойменные карьеры также являются отрицательными антропогенными формами руслового рельефа. На многих реках мира русло-пойменная добыча песчано-гравийных материалов производилась в огромном объеме в течение столетия. Объем добычи из русел и пойм превышает годовой сток наносов, переносимых всеми реками мира.

Основной вид русловых карьеров – траншеи неправильной формы, вытянутые вдоль реки. Они достигают в длину несколько и даже несколько десятков километров, представляя собой антропогенные плесовые ложины. Глубина карьеров обычно существенно превышает глубину естественных плесовых ложин, достигая 10 м и более, в процессе их разработки часто уничтожаются перекаты, формы руслового рельефа – побочни и осередки. Разработка карьеров полностью меняет морфологию русла на больших участках рек, практически формируя новое антропогенное русло как основную выработанную форму.

Примеров таких изменений в мире много. Например, в результате добычи наносов реки северной Италии в последнее столетие претерпели заметные изменения на многих десятках километров [9]. Понижение дна при этом составило 3–8 м, а русла рек сузились вдвое. Из 400 км длины участка верхней Оки более половины представляют собой антропогенные плесы глубиной до 13 м, образовавшиеся за 60 лет непрерывной добычи. В значительной степени понижение дна определяется активностью добычи, в ходе которой удаленный аллювиальный материал не компенсируется поступлением наносов сверху по течению реки. Так, годовой объем добычи на верхней Оке составляет около 2.5 млн м³ (после его ограничения в 2000-е годы), тогда как сток руслообразующих наносов (крупнее 0.05 мм) на порядок меньше. Характерно, что при русловой добыче не возникают вторичные формы, так как материал полностью вывозится и используется. В редких случаях формируют временные склады материала

на берегах, но они имеют скорее экологическое, чем геоморфологическое значение.

Благодаря своему расположению русловые карьеры постепенно трансформируются под влиянием руслового потока: заносятся со стороны верхней по течению кромки и удлиняются вниз по течению (“сползают”). Процесс занесения русловых карьеров происходит медленно, и они десятилетиями сохраняются в рельефе. Добыча в русле выражается в полном разрушении комплекса форм руслового рельефа. Меняется продольный профиль дна русла, на входе в карьер возникает локальный участок крутого уклона, от которого распространяется регрессивная эрозия. Особенно ярко это проявляется при разработке глубоких карьеров на небольших реках. Так, на одной из малых рек Калифорнии перегиб продольного профиля дна высотой 7 м, возникший после добычи, за два паводка переместился на 900 м. На другой реке того же региона добыча 1950–1960-х годов вызвала врезание на 3–6 м на 11-километровом участке [10]. Врезание русла верхней Оки составило более умеренную величину — около 2 м за 60 лет разработок аллювия на 250-километровом участке реки. Ведущими факторами врезания представляются мощность потока (расход и уклон) и состав наносов и донных отложений.

Карьеры стройматериалов разрабатываются также на высокой сформировавшейся пойме, они представляют собой неправильной формы выемки площадью от нескольких до нескольких десятков гектаров; могут соединяться с руслом или быть изолированными от него. В ряде случаев выемки занимают сотни гектаров пойменной поверхности [11]. Многие из них в несколько раз глубже прилегающей реки, и отделены от реки лишь узкой полосой суши, укрепленной бермой из каменной наброски или дамбой. Пойменные карьеры часто сопровождаются регулированием русла главной реки посредством спрямления, строительства дамб и берегозащитных сооружений. В результате ограничиваются горизонтальные деформации и взаимодействие русла и поймы, уничтожается естественная растительность, уменьшаются площади плесов и увеличивается количество перекатов. Во время половодья пойменные карьеры гидравлически объединяются с руслом, и возникают условия для перехвата карьером главного русла. Прорыв потока половодья из главного русла происходит при недостаточном укреплении ограждающего вала или чрезмерно близко к реке размещении карьера и его большой глубине. Особенно характерно это для меандрирующих рек. При этом происходит полная перестройка руслового рельефа и положения главного русла реки с образованием староречий.

Поскольку в случае пойменных карьеров требуется удаление вскрыши (пойменного аллювия), то в результате образуются вторичные формы рельефа в виде валов на поверхности поймы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В долинах и руслах рек создано огромное количество различных инженерных сооружений, проводятся интенсивные работы, которые преобразовали их облик и характер эрозионно-аккумулятивных процессов. Инженерные сооружения внедряются в рельеф русла и долины, они подобны естественным формам руслового рельефа, но чаще отличаются от них по размерам, форме и материалу изготовления. Практически на земле трудно найти реку, на которой отсутствовали бы подобные формы и процессы. Среди них такие крупные искусственные формы, как большие плотины, образующие водохранилища и оказывающие долговременное влияние на ландшафты речных долин, а также региональные многокилометровые дамбы обвалования. Крупные формы нарушают продольную и поперечную связанность речной системы. Они сооружены часто из искусственных материалов, либо закреплены ими, и устойчивы в течение столетий. Это вмешательство в рельеф речных долин полностью его преобразует, как и направленность процессов рельефообразования.

Наряду с этим в рельефе долин и русел рек распространены инженерные сооружения меньшего масштаба, роль которых в развитии флювиальных процессов очень велика благодаря их массовости и широкому косвенным последствиям. Хотя размеры миллионов небольших антропогенных форм уступают вышеупомянутым, они могут по своему влиянию на трансформацию рельефа русел и пойм больших регионов быть очень значимыми. Многие антропогенные формы руслового рельефа имеют свои естественные аналоги. Эта категория антропогенных форм охватывает широкий диапазон инженерных сооружений и мероприятий, которые, подвергаясь действию водного потока и вступая с ним во взаимодействие, развиваются и преобразуются по законам природы (выправительные сооружения, русловые карьеры, земляные каналы). По аналогии с ландшафтами их можно назвать естественно-антропогенными формами [12].

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по госзаданию НИ Лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. 224 с.
2. Панов Д.Г. Общая геоморфология М.: Высш. шк., 1966. 428 с.
3. Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms. Springer Science+Business Media B.V. 2010. 300 p.
4. Розанов Л.Л. Теоретические основы геотехноморфологии. М.: ИГАН СССР, 1990. 186 с.
5. Маккавеев Н.И. Воздействие крупного гидротехнического строительства на геоморфологические процессы в речных долинах // Геоморфология. 1970. № 2. С. 28–34.
6. Babiński Z. Wpływ zapór na procesy korytowe rzek aluwialnych ze szczególnym uwzględnieniem stopnia wodnego "Włocławek". Wydawnictwo Akademii Bydgoskiej, Bydgoszcz. 2002. 185 p.
7. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 288 с.
8. Беркович К.М., Злотина Л.В., Сурков В.В. Географические аспекты исследования русел и пойм рек в нижних бьефах гидроузлов // Тр. Академии проблем водохозяйственных наук. 2003. Вып. 9. С. 31–43.
9. Rinaldi M., Wyzga B., and Surian N. Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives and applications // River research and applications. 2005. 21. P. 805–828.
10. Kondolf G.M. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining // Landscape Urban Planning. 1994. 28. P. 225–243.
11. Freshwater Gravel Mining and Dredging Issues. University of California, Center for Environmental Design Research, Berkeley. 2002. 122 p.
12. Мильков Ф.Н. Учение об антропогенных ландшафтах: вопросы теории, терминологии и преподавания в высшей школе // Вестн. ВГУ. Сер. География и экология. 2004. № 1. С. 19–23.

The human activity role in river channel relief forming

K. M. Berkovich^{a,#} and L. V. Zlotina^{a,##}^aLomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia[#]E-mail: berkovich@yandex.ru^{##}E-mail: zleonora@yandex.ru

A huge number of different anthropogenic (man-made) landforms have been created in the valleys and riverbeds, which have transformed their appearance and the nature of erosion-accumulative processes. Major landforms that have a long-term impact on the landscapes of river valleys include large dams, regional multi-kilometer dikes and main canals. Large forms disturb the longitudinal and transverse connectivity of the river system. This intervention in the relief of river valleys completely transforms it, as well as the direction of the geomorphological processes. There are also smaller-scale landforms that belong to the river relief and play an important role in the river morphology and dynamics due to their wide distribution and indirect consequences they exert. This category of anthropogenic forms covers a wide range of engineering structures and activities that, being exposed to the action of a water flow and interacting with it, develop and transform according to the laws of nature, they can be called natural-anthropogenic forms.

Keywords: anthropogenic impact, river channel, floodplain, man-made landforms

ACKNOWLEDGEMENTS

The paper is completed according to the state task for Scientific Research Laboratory of soil erosion and fluvial processes in Lomonosov MSU's Faculty of Geography.

REFERENCES

1. Milkov F.N. *Chelovek i landshafty: ocherki antropogenogo landshaftovedeniya* (A Man and Landscapes: the issues of anthropogenic landscapes studies). M.: Mysl' (Publ.), 1973. 224 p.
2. Panov D.G. *Obshchaya geomorfologiya* (General Geomorphology). M.: Vysshaya Shkola (Publ.), 1966. 428 p.
3. Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms. Springer Science+Business Media B.V. 2010. 300 p.
4. Rozanov L.L. *Teoreticheskie osnovy geotekhnomorfologii* (The theoretical basis of geotechnomorphology). M.: IG AN SSSR (Publ.), 1990. 186 с.
5. Makkaveev N.I. *Vozdeistvie krupnogo gidrotekhnicheskogo stroitelstva na geomorfologicheskie protsessy v rechnykh dolinakh* (The impact of large hydrotechnical construction on geomorphological processes in river valleys). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1970. No. 2. P. 28–34. (in Russ.)
6. Babiński Z. Wpływ zapór na procesy korytowe rzek aluwialnych ze szczególnym uwzględnieniem stopnia wodnego (The dams impact on riverbed processes of alluvial rivers with special accounting of "Włocławek" dam)

- Wydawnictwo Akademii Bydgoskiej, Bydgoszcz. 2002. 185 p.
7. Karasiov I.F. *Ruslovye protsessy pri perebroske stoka* (Riverbed processes by run-off transfer). L.: Gidrometeoizdat (Publ.), 1975. 288 p.
 8. Berkovich K.M., Zlotina L.V., and Surkov V.V. *Geograficheskie aspekty issledovaniya rusel i poim rek v nizhnikh biefaqh gidrouzlov* (Geographical aspects in riverbed and floodplain research below dams). *The Proceedings of Water Problems Academy*. 2003. Issue 9. P. 31–43.
 9. Rinaldi M., Wyzga B., and Surian N. Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives and applications. *River research and applications*. 21. 2005. P. 805–828.
 10. Kondolf G.M. Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape Urban Planning*. 1994. 28. P. 225–243.
 11. Freshwater Gravel Mining and Dredging Issues. University of California, Center for Environmental Design Research, Berkeley. 2002. 122 p.
 12. Milkov F.N. *Uchenie ob antropogennykh landshaftakh: voprosy teorii, terminologii i prepodavaniya v vyssei shkole* (Anthropogenic landscape science: the issues of theory, terminology and High School teaching). *Vestnik VGU. Seriya geografiya i ekologiya*. 2004. No. 1. P. 19–23.