

Е.Ф. Зорина, С.Н. Ковалев, Р.С. Чалов, С.Н. Рулева

ОПАСНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ВОДАМИ, НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ*

Введение

Основными видами опасных проявлений деятельности поверхностных вод на урбанизированных территориях, обусловленных поверхностными видами, являются овражная эрозия и русловые процессы на реках (табл. 1).

Таблица 1. Виды опасных проявлений
овражной эрозии и русловых процессов

Процесс	Опасные проявления	
	Прямые	Косвенные
Овражная эрозия	Расчленение территории Разрушение городских коммуникаций, строений, других объектов. Использование оврагов как свалок мусора, загрязняющих и других веществ.	Подтопление подвалов, других подземных частей объектов при засыпке оврагов Вынос из оврагов продуктов размыва, а также мусора, загрязняющих и др. веществ в реки и водоемы. Развитие оползней по бортам оврагов.
Русловые процессы	Размывы берегов, приводящие к разрушению городских коммуникаций, строений, рекреационных зон и пр. Обмеление акваторий портов, водных подходов к причалам речных вокзалов, промышленных предприятий и т.д. Возникновение аварийных ситуаций на подводных переходах водоводов, нефте- и газопроводов Подмывы опор мостовых переходов Накопление в руслах рек техногенных илов, строительного и бытового мусора.	Активизация овражной эрозии, оползневых и других явлений при подмыве рекой берегов. Наводнения, в т.ч. вызванные ледовыми заторами, обусловленные: а) снижением пропускной способности русел при аккумуляции наносов; б) неблагоприятной формой русла и т.д.

Овражная эрозия обуславливает расчлененность территорий населенных пунктов, обуславливая необходимость строительства мостовых переходов через овраги и балки.

Однако этот вид ее проявления, как правило, отражает результат многовекового (исторического) развития овражно-балочных форм и, таким образом, составляет уже существующий рельеф (как и речные долины), который осложняет градостроительное освоение территории. Опасность для коммуникаций, строений, рекреационных зон вызывают вновь возникающие овраги, в том числе отвертки и растущие вершины ранее созданных,

* Выполнено при поддержке РФФИ (проект 09-05-00221 и проект 10-05-00385) и по программе Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

«древних» оврагов и балок. С другой стороны, эти «древние» овраги и балки могут использоваться для организации в городах новых рекреационных зон между жилыми кварталами и промышленными предприятиями и т.д., тогда как их искусственная засыпка с целью выравнивания рельефа и создания условий для нового строительства вызывает подтопление подвалов и других подземных помещений и коммуникаций. Вследствие подъема уровня грунтовых вод экологическое неблагополучие возникает также при использовании оврагов в качестве мест для складирования, часто стихийного, бытового и строительного мусора. При возникновении водных потоков во время снеготаяния и дождей этот мусор растаскивается ими по всей длине оврагов, балок и частично, а иногда в значительной мере выносится в реки и водоемы, вызывая их загрязнение. Побочным эффектом, но уже создающим опасность разрушения объектов, является развитие оползневых и других склоновых процессов по бортам оврагов.

Основными формами опасных проявлений русловых процессов на реках в естественном состоянии являются размывы берегов, приводящие непосредственно к разрушению городских кварталов, коммуникаций, инженерных объектов, рекреационных зон. С другой стороны, аккумуляция наносов в русле, смещение их скоплений в форме гряд разных размеров вызывает периодическое или направленное обмеление акваторий портов и причалов, водных подходов к пассажирским пристаням и речным вокзалам, промышленным предприятиям, нефтебазам и т.д. Размывы дна русел приводят к возникновению аварийных ситуаций на подводных (провисание трубопроводов) и мостовых (потеря устойчивости опор) переходах через реки. Во многом степень опасности проявлений русловых процессов на урбанизированных территориях обусловлена антропогенными воздействиями на реки и на факторы русловых процессов, которые здесь оказываются многочисленными и разносторонними по своим видам. Нередко такие воздействия, в том числе связанные с проведением мероприятий по защите от опасных проявлений, провоцируют возникновение новых их видов, активизируют процессы размыва и т.д.

Аккумулятивные процессы на реках, связанные с поступлением в них с городских территорий тяжелых техногенных илов превращает реки в экологически неблагополучные водные объекты, снижают пропускную способность русел, обуславливая тем самым рост угрозы наводнений.

Размывы берегов рек способствуют активизации овражной эрозии, оползневых и других склоновых процессов. С другой стороны, выносы из оврагов, в т.ч. бытового и строительного мусора, оказывают обратное воздействие на русла рек, вызывая образование аккумулятивных конусов и размывы противоположных им берегов.

Первоначально торговые, транспортные и оборонительные потребности заставляли людей основывать населенные пункты на берегах рек. Практические соображения определяли выбор участков, ограниченных с двух – трех сторон глубокими естественными понижениями – берегами рек,

долинами малых рек, балками и оврагами. К тому же расположение поселений на берегах рек определяло доступность к источникам водоснабжения и наличие водного пути сообщения. Первые поселения располагались и строились в тесной связи с рельефом территории, на которой они располагались и чаще всего под его "диктовку". С течением времени поселение превращалось в город, который уже мог пре образовывать рельеф в соответствии со своими потребностями и требованиями технического прогресса. Вместе с тем рост городских территорий приводил ко все большему конфликту города с рельефом, поскольку оставался зависимым от процессов, протекающих на его территории и в непосредственной близости от него. Первоначально используемая в виде естественных границ и рубежей обороны гидрографическая сеть с ростом города все более подчинялась ему — засыпались овраги, используется территория балочных днищ, перераспределяется сток с малых водосборов, исчезают малые реки, регулируется сток больших рек. Изменяются орографические, геологические и гидрогеологические условия существования всей флювиальной сети. От нее остаются лишь названия улиц, когда-то располагавшихся вдоль какого-нибудь оврага, малой реки, ручьи или наследовавшие их.

В многовековом плане направленное смещение русел рек (размывы одного и намывы — аккумуляция наносов — другого) приводили к «уходу» рек от городов. Так Астра ханский кремль был основан на берегу Волги, а сейчас отделен от нее городскими кварталами, образовавшимися на приключенных к левому берегу островах, а следы бывшего русла сохранились лишь в виде цепочки старичных озер у стен кремля. "Уход" рек от городов как следствие направленных русловых деформаций за историческое время (от 1 до 10 веков) характерен для Оки (Серпухов, Рязань), Лены (Якутск); в ряде случаев это при водило к потере городами их экономического значения, вплоть до утраты ими статуса го рода (Колывань на Оби, Яренск на Вычегде, Емецк на Северной Двине).

Овражная эрозия

На протяжении многих веков человек осваивал естественные овраги и боролся с развитием антропогенных, образующихся в результате его же деятельности. Современный конфликт «город — эрозионный рельеф» состоит в том, что, с одной стороны, увеличивается разнообразие строительной техники и ее мощность, позволяя наращивать масштабы инженерных преобразований рельефа, с другой — этот процесс зачастую приводит к активизации эрозионных самих процессов в пределах города, особенно на первых этапах освоения территории.

Одно из первых описаний оврагов в городских условиях дал П.С. Паллас [1770]. Об оврагах в городах писали И.И. Лепехин [1795], И.П. Фальк [1824], В.В. Докучаев [1878]. Однако овраги в городах или крупных населенных пунктах вызывали интерес лишь тогда, когда их развитие сопровождалось катастрофическими (или наносящими значительный ущерб) событиями или создавали проблемы при техногенном освоении

новых территорий. В Волгограде овраги, до их частичной засыпки, занимали 23% городской площади. Скорость их роста достигала 7-8 м/год, что в 2 раза больше по сравнению с пригородом, где она оценивалась в 3-4 м/год. В Новосибирске площадь городских оврагов составляет 10% городской территории. Скорость их роста – 2-5 м/год, вследствие чего ежегодно не пригодная под использование площадь увеличивается в среднем на 250 га. В Томске на 1961 г. было зарегистрировано 50 крупных оврагов.

Причины и особенности развития оврагов в городах и населенных пунктах

Основной вид ущерба, обусловленного овражной эрозией – сокращение площадей, пригодных для хозяйственного использования. Рост оврагов вызывает необходимость дополнительных капиталовложений как непосредственно на борьбу с овражной эрозией, так и на гидротехнические сооружения при строительстве объектов, прокладке дорог, трубопроводов, других видов коммуникаций. Овраги служат каналами, по которым в водные объекты поступают выносы с промышленных предприятий и бытовые отходы; нередко овраги используются как места свалок и захоронений вредных и ядовитых веществ. Овраги в первую очередь выбираются как удобные естественные емкости под свалки отходов и на севере (например, в г. Салехарде) и на юге. В Подмосковье и в г. Москве они превращаются в свалку строительного, бытового и прочего мусора, в том числе битых неоновых ламп и других отходов, содержащих ртуть. Иногда это – целенаправленное и узаконенное отведение оврагов под свалки, в других случаях – это попытка таким способом бороться с ростом оврагов. Но в обоих случаях подобные мероприятия сопровождаются ростом экологического неблагополучия в городах [Веретенникова, Зорина и др., 1992].

Развитие любого населенного пункта - от деревни до большого города – так или иначе, связано с овражно-балочной сетью. Это или вынужденное расположение построек в зависимости от типа и набора эрозионных форм рельефа, или его практически полное преобразование в соответствии с нуждами и материально-техническими возможностями города. По степени и характеру взаимодействия с рельефом все поселения можно разделить на пять типов. По мере роста города и развития техники характер этого взаимодействия изменяется [Ковалев, 2009]

I. *Подчиненные рельефу* – все строения располагаются в зависимости от типа и форм эрозионного рельефа; при их возведении рельеф не преобразовывается или преобразуется минимально по объему и площади.

II. *Соподчиненные* – большая часть строений в населенных пунктах вписана в рельеф; на стадии проектирования сооружений учитываются его особенности, или строительство ведется по исторически сложившимся схемам.

III. – *Подчиняющие рельеф* – населенные пункты, в которых при сооружении объектов происходит частичное преобразование – эрозионного рельефа на всей территории застройки или на значительной ее части. К

этой категории относятся большие населенные пункты, обладающие достаточными ресурсами для преобразования рельефа.

IV. *Подавляющие рельеф* – населенные пункты или их части, крупные промышленные предприятия, в процессе роста которых или уже на стадии проектирования особенности эрозионного рельефа не учитываются, и строительство ведется с полным преобразованием территории под нужды застройки.

Для перечисленных типов взаимодействия населенных пунктов и эрозионного рельефа существует свой набор природных и антропогенных факторов оврагообразования. При разном уровне урбанизации каждый из факторов оврагообразования в определенных условиях может стать главенствующим или определяющим степень взаимодействия овражно-балочных систем и поселений.

Из геоморфологических факторов наибольшее значение имеют базисы эрозии и величина уклонов склонов. Хотя основной тенденцией является выполаживание рельефа, возможно увеличение глубины базиса эрозии за счет создания котлованов, особенно при сооружении больших по площади строений, создании выемок под транспортные артерии (автомобильные и железные дороги) и т.д. Массовая застройка территории ведет к преобразованию водосборов – изменяются их площади и конфигурации. Последнее определяет изменение скорости нарастания объемов стока воды по длине оврага в разные фазы гидрологического режима и, как следствие, форму его продольного профиля. Меняется также влияние экспозиции склона, поскольку роль инсоляции затушевывается созданием искусственной тени за сооружениями, особенно в городах с многоэтажными строениями.

Зависимость от климатических условий нарастает от городов, подчиняющих рельеф к подчиненным эрозионному рельефу. Крупные и крупнейшие города сами вносят изменения в местный климат, что, в свою очередь, сказывается в особенностях стока воды на городских территориях. С северо-востока к юго-западу Европейской части России изменяется роль осадков холодного и теплого времени года в формировании стока воды и наносов, оказывающих наибольшее влияние на развитие процесса линейной эрозии. Накопление твердых осадков зимнего периода и интенсивность снеготаяния в значительной степени определяют скорость роста оврагов и его морфологию на разных стадиях развития в северной части ЕЧР. В юго-западном направлении существенно (начиная с зоны южной тайги) увеличивается роль ливневого стока теплого периода. На величину дождевого стока большое влияние оказывают фильтрационные свойства грунтов. Вместе с тем практически во всех типах населенных пунктов происходит изменение фильтрационных свойств подстилающей поверхности, приводящее к увеличению коэффициента поверхностного стока. В деревнях и поселках (типы поселений, подчиненные и соподчиненные рельефу) проезжие улицы уплотнены или заасфальтированы. В больших городах, где покрытая асфальтом площадь составляет более 70%, коэффициент стока близок к 1. В горо-

дах подчиняющего типа, зачастую, существуют проблемы с функционированием ливневой канализации. Нередко она находится в неработоспособном состоянии, а местами практически отсутствует. В крупных и крупнейших городах роль весеннего стока сохраняется только в рекреационных зонах. С увеличением среднегодовой температуры, уменьшением количества осадков зимнего периода, регулярной уборкой снега с улиц, ведущую роль в эрозионном процессе на основной территории городов играет ливневой сток. Преобладание того или иного типа стока (талого или ливневого) является одним из факторов, определяющих особенности развития оврагов в городах разных природных зон ЕЧР.

Влияние геологического строения на развитие эрозионных процессов в городах подчиненного и соподчиненного типа такое же, что и на полевых водосборах. В городах подчиняющего и подавляющего типов активная инженерная и строительная деятельность, направленная в основном на нивелировку рельефа, приводит к накоплению мощных толщ антропогенно переработанных грунтов. Это приводит как к разнообразным изменениям внутри самих овражно-балочных систем, так и к активизации опасных экзодинамических явлений. Использование строительного и бытового мусора при засыпке оврагов способствует образованию суффозионных провалов за счет выноса мелкозема между крупными блоками строительных конструкций, а также создает дополнительные рубежи стока, по которым формируются новые эрозионные формы. Даже обычная свалка опада листвы за счет тепляющего эффекта нередко способствует суффозии и более интенсивному росту вершин оврагов. Особую роль в развитии оврагов играют грунтовые воды. Если они вскрываются в днище или по бортам оврага, обводненный грунтовый горизонт играет роль смазки, по которой происходит сползание грунта (оползни).

Анализ многолетних наблюдений за функционированием овражно-балочных систем позволяет утверждать, что населенный пункт – от деревни до города – и их природная среда (рельеф) представляют собой единое целое. Они взаимосвязаны и взаимообусловлены на всем протяжении своего существования. От того, насколько правильно выбрана территория для поселения, рационально используется с учетом особенностей природных факторов и видоизменяется под воздействием хозяйственной деятельности, зависит его инженерная устойчивость и экологическое благополучие.

I. *Населенные пункты, подчиненные рельефу* – это небольшие, в 2-3 улицы, деревни, располагающиеся на бортах балок или речных долин. Площадь их соразмерна с площадью овражных водосборов. На протяжении столетий уклад жизни в таких деревнях не изменялся - отсутствие твердого покрытия на улицах, дренажной системы и т.д. Достоверно неизвестно, существовали ли здесь овраги изначально, или нет. Часто говорится, что овраги около деревень образовались в пореформенное время (после 1862 г). Однако во многих деревнях, особенно Черноземной зоны, каждому двору предписывалось укреплять фашинами борта и вершины оврагов, устраивать

плотины-ловушки стока твердого материала и т.д. Со временем такая практика борьбы с овражной эрозией прекратилась. К концу 40-х годов XX века уже отмечается: чем больше населенный пункт, расположенный в балке, чем раньше началось освоение этой территории, тем больше расчлененность склонов овражной сетью. И, наоборот, в балках удаленных от населенных пунктов или с не большими населением, в 10-15 дворов (бывшие хутора), донный врез не наблюдается, склоны балок остаются задернованными, байрачные леса не вырубаются. Появление оврагов вблизи населенных пунктов в это время, в первую очередь, связано с выпасом крупнорогатого скота. Прогон стада в несколько десятков голов равноценен проезду тяжелого трактора.

Причиной развития оврагов может быть также вызванное антропогенным воздействием изменение глубины базиса эрозии. Так в п. Сергиевском Ставропольского края в качестве канала для улучшения системы ирригации была использована р. Калаус. В связи с попусками произошло врезание русла реки и «посадка» уровня на 2 м, в результате чего резко активизировалась донная эрозия в балке Горькой. Образовавшийся в ней врез начал интенсивно разрушать днище в нижней части балки. За 20 лет донный овраг продвинулся по длине балке на 2,5 км, а по её отвершку (яр Солонцовый) – на 1,5 км. Здесь несколько лет подряд разрушалась переправа через балку. Продвижение донного вреза по самой балке вызвал подмыв берегов и активизацию оползневых процессов по бортам. Расположенные на левом борту жилые дома оказались в непосредственной близости от 16-метрового обрыва, местами приусадебные участки были разрушены.

К этому же типу относится районный центр Каменка (Воронежская обл.). Он расположен на водоразделе нескольких крупных балок, в одной из которых начинается р. Россось. Вся застройка поселка вписана в эрозионный рельеф. Строения занимают, помимо водораздела, днища и борта эрозионных форм. На бортах эрозионных форм производятся стихийные свалки мусора. В пределах поселка на склонах балок наблюдается развитие оврагов, частично активизирующихся искусственными водосбросами, а недалеко от его центра активные оползневые процессы на склоне балки ведут к разрушению домов.

II. *Исторически сложившееся соподчиненное взаимодействие поселения и эрозионного рельефа* можно наблюдать в Чувашии. Населенные пункты, расположенные на высоком правом берегу Волги, рассекаются овражно-балочными системами. Непосредственно к бровке балки или оврага подходят хозяйственные постройки и другие подсобные сооружения. В отличие от многих случаев использования оврагов и балок в качестве свалок, в Чувашии днища балок используются в хозяйственных целях – для выпаса домашнего скота или устройства прудов. Все коммуникации, в том числе подъездные дороги, проложены по периферии населенных пунктов, вдали от кромки бортов балок и оврагов. Сами овраги используются как естествен-

ные дренажные системы, и их развитие не наносит вред постройкам. К этому же типу относятся города Курск, Смоленск, Елец, Россошь, Рылск.

Курск. Особенность географического расположения города состоит в том, что его центральная часть занимает сравнительно узкий водораздел между реками Тускарь и Кур. По водоразделу этих рек проложена центральная магистраль города: проспект Победы - ул. Карла Маркса - ул. Ленина. В долине р. Тускаря обследованы три эрозионные формы, развивающиеся в лессовидных отложениях. Базис эрозии водосборной площади превышает 80 м, уклон водосборной площади – 3-5°.

Овражно-балочная система «Поповский овраг» имеет длину 1200 м, глубину в средней части – до 40 м, ширину по бровке – до 100 м. Вершина засыпана строительным мусором, почти доходит до водораздела и имеет округлую, крутостенную форму. Левый борт оползневой, уклоны бортов до 20°, по бровке наблюдается суффозия. Вдоль бровки и на террасируемых склонах – гаражная застройка и сброс бытовых отходов. На правом залесенном борту ведется дачное строительство. Устье овражно-балочной системы привязано к меженному урезу р. Тускаря.

Примерно в 500 м вниз по течению реки расположена овражно-балочная система таких же размеров, что и «Поповский овраг», – «Школьный овраг». Его вершина клиновидной формы не доходит до водораздела 200 м, крутостенная, засыпана строительным мусором. Привершинная площадь занята промзоной. Склоны осложнены оползневыми и гравитационными процессами, в нижней части имеются выходы известняков. В днище балки развивается свежий донный овраг глубиной до 3 м, шириной около 1,5 м. По левому борту развивается серия небольших эрозионных врезов, один из которых направлен в сторону ЛЭП. По правому борту, застроенному промышленными зданиями, идут активные склоновые процессы.

Еще ниже по течению реки, в 500 м от «Школьного оврага» имеется крупный склоновый овраг длиной около 800 м. Опрос местных жителей позволил определить, что приблизительная дата его появления относится к предвоенному времени, то есть период его развития составляет около 70 лет. Глубина оврага 40 м, в верхней его части уступ – высотой 4-5 м. Под покровными отложениями прослеживаются известняки. Вершина оврага засыпана бытовым мусором и отходами. В длину в настоящее время овраг не развивается. Объемный рост стимулируется поступлением воды с полностью заасфальтированной водосборной площади по ул. Никитской и Карла Маркса, где фильтрация практически отсутствует. Отвершки оврага в настоящее время, несмотря на крутые склоны, не активны. Вершина одного из них подходит к постройкам, где блокируется строительным и бытовым мусором.

По правому берегу р. Тускаря расположены две овражные формы длиной по 400 м. Склон долины р. Тускаря террасирован, каждая из террас представляет собой проезжую часть, закрепленную строениями, гаражами, заборами. По бровкам – посадка деревьев. Один из оврагов приурочен к ул. Можайской. В нижней части улицы рядом с кафедральным собором этот

овраг используется под сброс мусора. Здесь он растет в ширину, в верхней части закреплен отводящими трубами. Овраг подмывает газовую трубу и стимулирует появление трещин в стене жилого дома. Второй овраг проходит по ул. Кати Зеленко. Асфальт по улице размыт, защитный вал в конце улицы обтекается водными потоками. Бытовой мусор по склонам оврага способствует развитию оползней.

По левому борту долины р. Кура, длина склона которого равна 1200-1400 м, расположены овражно-балочные системы длиной в среднем около 800 м, с базисом эрозии 65-70 м, с пологими задернованными склонами. Большая часть системы неактивна, имеет спрямленные продольные профили без видимых донных врезов. В овражно-балочных системах около ул. Первой Офицерской организованы лотки для сброса воды с поля. В этой балке проведена мелиорация. Верховья используются под свалку бытового мусора.

Несмотря на проведение основных первичных эрозионных мероприятий, городская территория и вся инфраструктура формируется в зависимости от основных форм рельефа. В первую очередь это связано с большой величиной расчлененности и особенностями геологического строения территории.

Смоленск. Историческая городская застройка органично сосуществует с овражно-балочными системами территории. Основную эрозионную опасность в городе представляют овражно-балочные системы по левому берегу р. Днепра. Как правило, они имеют водоток, выносящий на пойму и непосредственно в Днепр эродированные грунты, почвенный покров с водосборов, отходы промышленности и жизнедеятельности людей, растений и животных.

Наиболее крупная овражно-балочная система, пересекает ул. Нахимовскую и имеет протяженность более 2 км, из которых 2/3 длины дренируется водотоком, впадающим в р. Днепр. По левому борту основной балки прослеживается шесть оврагов. Из них два оврага расположены в 20 м один от другого, имеют общее устье. Продольные профили оврагов невыработанные, борта сложены лессовидными суглинками, подстилаемыми песками. В вершине оврагов ведется строительство. В днище прослеживаются выходы грунтовых вод. Эти овраги наиболее опасны с точки зрения дальнейшего развития. Другие овраги имеют, в основном, задернованные склоны, по бровкам которых располагаются гаражная застройка. Склоны, днища оврагов и вершина самой балки засыпаны бытовым и строительным мусором и отходами. Другая овражно-балочная система, длиной 600 м, шириной между бровками в средней части 130 м, донным врезом глубиной 2 м и шириной 3 м, проходит параллельно ул. Бол. Советской от Богоявленского собора (ул. Красный ручей) до ул. Ленина.

Город **Елец** располагается по обоим берегам р. Сосны. Центральная часть города расположена на плакорной части междуречья р. Сосны и ее притока р. Ельчика. Застройка города соподчинена крупным овражно-

балочным системам, привязанным к этим двум основным долинам. Наиболее активные овражно-балочные формы наблюдаются на склонах долины р. Ельчика. Балочные формы характеризуются плоским относительно узким днищем, с выходами коренных пород и грунтовых вод. Местами по тальвегу встречаются структурные ступени и крупные окатанные валуны. На склонах балок отмечаются растущие промоины и овраги, активные оползни. По бровкам балок расположены усадебные строения и гаражи, которым местами угрожает подмыв. Повсеместно овраги, вершины балок и их отвершков засыпаны строительным и бытовым мусором. Более древние балки, привязанные к р. Сосне, имеют плоские широкие днища, выположенные залесенные борта. По их днищам проложены улицы, через них – мостовые переходы; приустьевая часть одной из крупных балок использована под застройку. Опыт засыпки эрозионных форм под строительство в данном городе оказался малоэффективным.

Город *Рыльск* в основном располагается в междуречье рек Дублянки и Рыло (притоки р. Сейма), к которым привязаны овражно-балочные системы. Овраги, расположенные в долине р. Рыло, расположены на левом коренном берегу и устьями привязаны к широкой заболоченной пойме. Часть водосборной площади является территорией монастыря, верховья оврагов блокированы монастырской стеной. Их развитие происходит только за счет боковой эрозии. Склоны оврагов преимущественно заросшие. За монастырской стеной расположен большой типичный склоновый овраг, длина которого превышает 600 м.

Вершина оврага циркообразная, с крутыми задернованными бортами, выходит к водоразделу. Глубина оврага до 10 м. По левому берегу р. Дублянки прослеживается серия склоновых оврагов, вершины которых подходят к улицам, идущим параллельно реке. Овраги имеют глубокий базис эрозии, малые площади водосборов, перепланированные городской застройкой. Все овраги используются под свалки строительного и бытового мусора. По правому берегу наблюдается серия оврагов, прорезающих своими вершинами бровку склона реки. Склоны у них крутые во многих местах дернина сорвана. Овраги имеют тенденцию активного роста, угрожая строениям вдоль бровки. В центральной части города, несмотря на глубокооврезанные речные долины, развитие овражно-балочных систем не наблюдается. По просьбе администрации города был обследован жилой квартал в долине р. Дублянки в котором образовался так называемый «провал». По-видимому, в результате засорения трубы, установленной в конце водосбросного лотка, проложенного по тальвегу, скапливающаяся вдоль опорных стенок и стен домов вода фильтруется в грунт. Трансформация поверхностного стока в подземный привела к активизации оползневых и суффозионных процессов, что вызвало образование просадочной воронки в жилом квартале. В данном случае имеет место некачественное выполнение противоэрозионных мероприятий, а также отсутствие необходимого мониторинга состояния ливневых стоков, Соподчиненность рельефу прослежива-

ется в прокладке улиц параллельно речным системам, часть из них также проходит по днищу балок.

Город **Россошь** расположен при впадении р. Россоши в р. Черную Калитву. Прослеживается серия неглубоких оврагов, привязанных к долине Черной Калитвы. Вершины оврагов засыпаны строительным мусором и в настоящее время производят впечатление не растущих. Этому способствует, по-видимому, построенная в привершинной части подпорная стенка-заграждение, представляющая собой мощный плетень из веток. В северо-восточной части города в долину р. Россоши открывается балка с засыпанной вершиной, бор та которой заросли многолетними степными травами, а на водоразделе расположен дачный поселок. На северо-западе города балка, привязанная к р. Россоши, превращена в своеобразный «техногенный бедленд» (дамбы, железнодорожные насыпи, колеи железной дороги и пр.).

III. *Населенные пункты, подчиняющие овражно-балочные системы.* Обычно это города с населением до 500 тыс. человек, материально-технические ресурсы которых, однако, не достаточны для решения проблем, связанных с функционированием овражно-балочных систем. В некоторых городах (Воронеж, Нижний Новгород) балки используются как транспортные артерии, в других – овраги засыпаются (Набережные Челны, Елабуга), но везде существует опасность, как активизации древних, так и образования новых оврагов. Практически везде в городах этого типа преобразование рельефа не доводится до конца – вместо того, чтобы устранить причину оврагообразования, безуспешно борются с его последствиями.

Наиболее характерное развитие оврагов в таких населенных пунктах связано с возведением и эксплуатацией разного рода сооружений. Примером служит г. **Елабуга**, где высокая степень овражного расчленения обусловлена природными условиями, как гидролого-геоморфологическими, так и геологическими.

Весь исторический центр Елабуги «вписан» в существующий рельеф. Исторически сложившаяся застройка, с одной стороны, учитывает особенности овражного расчленения территории, а, с другой, – использует и частично преобразовывает рельеф. При застройке новых районов зачастую не учитываются рекомендации изыскателей. В 90-е годы XX века в городе было запроектировано строительство жилых кварталов в крайне заовраженном районе. При этом планировалось размещение построек не только в непосредственной близости от бровок оврагов, но и при засыпке части оврага непосредственно на его площади. Улицы и крупные межквартальные проезды по проекту выходят к вершинам оврагов (рис. 1).

В условиях высокого потенциала возникновения и активизации оврагов необходимо уже на проектной стадии рассматривать природоохранные вопросы.

Примером особо сложного взаимодействия населенного пункта и овражно-балочных систем является г. **Брянск**, Центральный район кото-

рого располагается в пределах водосборных бассейнов балочных систем Верхние и Нижние Судки (рис. 2).

Здесь од ним из важнейших видов современного воздействия на балочные системы, приводящих к негативным результатам, является возведение в непосредственной близости от бровок балок инженерных сооружений: жилых и производственных зданий, гаражей и дачных застроек. Часто можно наблюдать отрицательное влияние городской планировки. Улицы, следуя понижениям рельефа в верховьях оврагов, впадающих в балку, становятся водосборными коллекторами, где концентрируются талые и ливневые воды [Зорина и др., 2005].

Строительство домов оказывает меньшее влияние на балку, чем большое количество частных гаражей, расположенных, по мнению городских властей, на бросовых землях. Строительство гаражей вдоль бровок Судков в Брянске привело к активному росту оврагов в зоне гаражных построек – идет активный размыв в результате неорганизованного стока вод, как естественного, так и технологического происхождения. Активизация оврагообразовательных процессов привела к возникновению опасности разрушения не только самих гаражных построек, но появилась реальная угроза разрушения расположенных рядом жилых зданий.

Другой вид воздействия – освоение верховий балок под садовые участки. Хаотичность застройки и непродуманная попытка борьбы с поверхностными водами приводит к образованию новых и возрождению старых оврагов. Несмотря на значительную окультуренность бортов балки, овражная эрозия не затухает, а в некоторых случаях и активизируется в результате антропогенного воздействия. В то же время садовые участки в определенной мере сдерживают рост оврагов в вершинах балок, поскольку фильтрация воды на их территории достаточно большая и, соответственно, мал коэффициент стока. Перевод дачных участков в городские кварталы приведет к еще большей активизации овражных процессов не только в вершинах балок, но к образованию донных врезов в балках и активизации овражных отвершков по бортам.

Если территория г. Брянска постоянно находится в состоянии конфликта с овражно-балочными системами, то в г. *Нижнем Новгороде* («нагорная» часть) имеет место исторически сложившееся относительное равновесие между структурой и характером развития города и эрозионным рельефом.. По мере увеличения площади города городская застройка, с одной стороны, равномерно распределялась между "нагорной" частью правобережий рек Волги и Оки и низменным левобережьем Оки; с другой стороны, овраги использовались и используются как транспортные артерии.

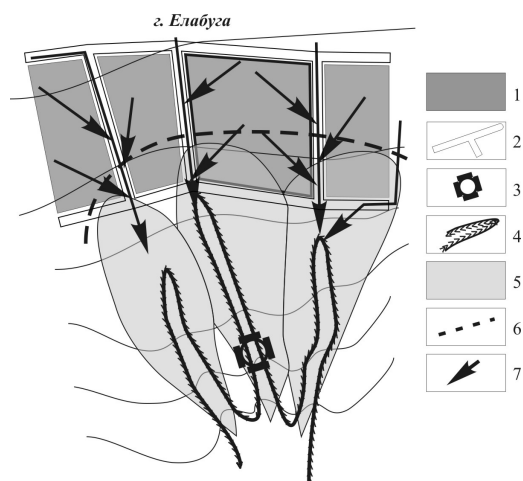


Рис. 1. Запланированный сброс ливневой канализации в овраги (г. Елабуга), способствующий их развитию. 1 – кварталы, 2 – межквартальные проезды, 3 – устье коллектора, 4 – овраги, 5 – водосборные площади оврагов, 6 – граница водосбора балки, 7 – направление стока.



Рис. 2. Город Брянск. Положение балок Верхний и Нижний Судки
1 – городские кварталы, 2 – лесопарковые территории, 3 – улицы, 4 – коренной берег р. Десны, 5 – граница водосбора балок, 6 – водораздел балок, 7 – территория балок.

Так, например нижняя треть глубокого Почаинского оврага, входившего в оборонительную систему, в середине XVII века была превращена в спуск к р. Оке (рис. 3).

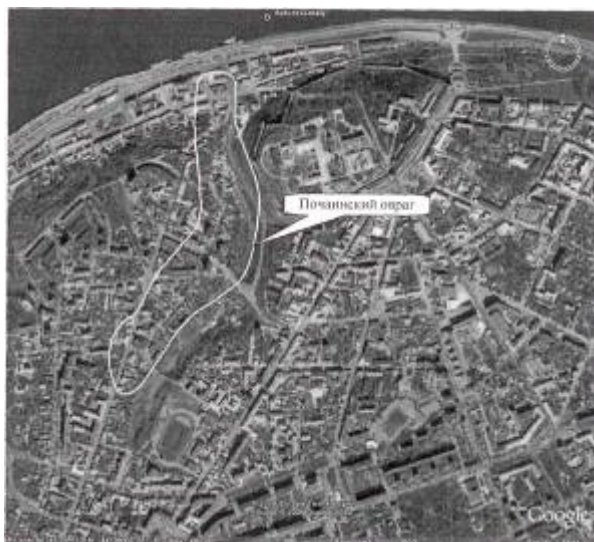


Рис. 3. Почаинский овраг в г. Нижнем Новгороде, превращенный в транспортную артерию.

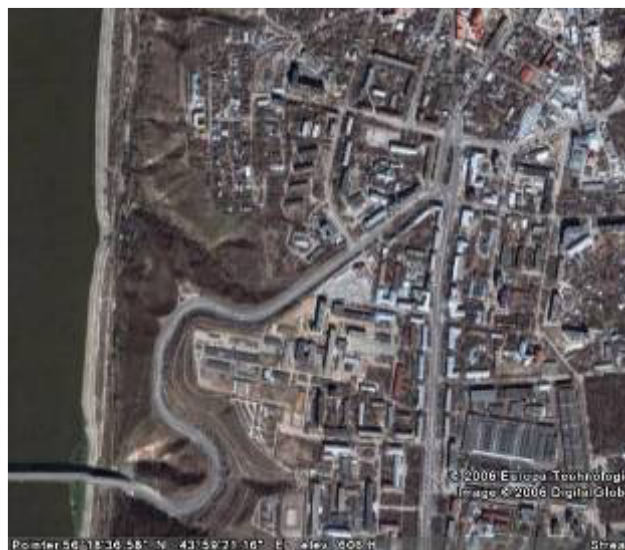


Рис. 4. Использование оврагов в качестве дороги в г. Нижнем Новгороде.

Такое же направление в использовании оврагов практикуется и сейчас. На рис. 4 показан спуск к новому мосту через р. Оку. Здесь используются два оврага для создания необходимых радиусов поворотов и уклонов для трамвайных путей. Борта оврагов и водораздельная поверхность между ними террасирована для предотвращения образования оползней. По дни-

щам оврагов проложена ливневая канализация, значительно уменьшающая поверхностный сток.

При существующей в Нижнем Новгороде проблеме развития оползневых процессов овраги в пределах "нагорной" (особенно в центре) части обустроены - практически всюду существуют системы перехвата поверхностных вод в вершине (рис. 5 А), днище заасфальтировано или по нему проложена ливневая канализация, через овраги перекинуты пешеходные мосты (рис. 5 Б).

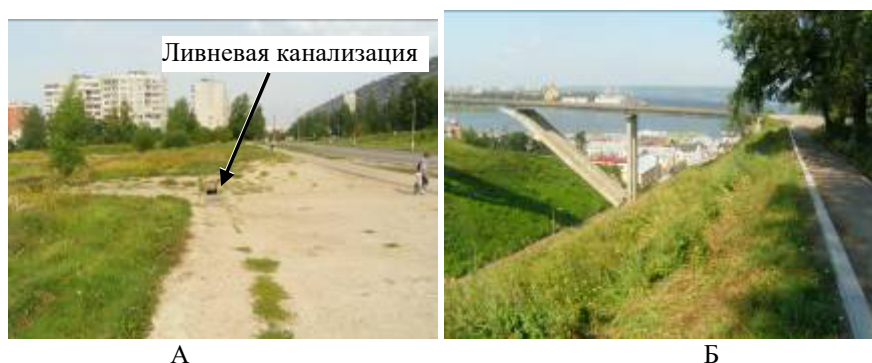


Рис. 5. Перехват поверхностного стока воды (А) и обустройство оврагов в г. Нижнем Новгороде (Б). Фото С.Н. Ковалева

В последнее время в городе наметилась тенденция стандартного подхода к оврагам – их засыпка. Овраги начали засыпать в районах новостроек "нагорной" части при их глубине в 5-6 м, так и по правому высокому берегу Оки при глубине оврагов до 30-40 м. При этом противоэрозионные мероприятия не проводятся, в отсыпку попадает большое количество строительных отходов, древесных стволов и т.д.

Такая практика может привести к формированию из отсыпного грунта оползневых тел, значительных просадок или возобновление эрозионных процессов. При полной или частичной засыпке оврагов или отвершков балок происходит подтопление зданий, поскольку территория лишается естественной дренажной системы [Басовская, 2000]. Таким образом, взаимодействие города и овражно-балочных систем, попытки использовать балочный водосбор под строительство вызывают ответную реакцию природной системы, выражающуюся в активизации эрозионных процессов, а также в изменении инженерно-геологических и гидрологических условий на водосборе.

В настоящее время отмечаются значительные различия состояния эрозионных форм в центральной части города и на его окраинах. Центр

города характеризуется, как правило, устойчивым стабильным состоянием откосов берегов рек и склонов овражно-балочных систем, которое обеспечивается системой противоэрозионных сооружений. Вместе с тем даже в близких к центру частях города можно наблюдать отдельные достаточно активные эрозионные формы, являющиеся следствием размывов при поступлении воды от сброса вод ливневой канализации. Например, крупные овраги шириной до 50 м возникли в районе моста Окского съезда (район Большие Овраги). Встречаются овражные формы у стадиона «Динамо» между улицами Большой Покровской и Ильинской, по улицам Ярославской и Шевченко. Несмотря на это запроектировано и уже начинается застройка этой территории. Проект предусматривает реконструкцию и застройку района Большие Овраги (Похвалинский съезд, Окский съезд, ул. Малая Ямская, берег реки Оки). В него входит возведение жилых домов различного класса, строительство торговых и деловых центров, а также строительство объектов социального назначения (рис. 6).



Рис. 6. Проектируемая застройка и овражно-балочной системы части территории г Нижнего Новгорода в районе Больших оврагов (правобережье р. Оки).

Район Щербинки является наиболее окраинной частью города, где происходит развитие крупных глубоких оврагов, глубиной в вершинной части до 8-10 м. Часть из них образует единую систему с устьем, пересыпанным грунтом под дорожное полотно. Свободные площади используются под гаражную застройку и дачные участки. Ими застроены борта и широкие днища двухвершинной балки. Сама вершина засыпана и спланирована. Здесь встречаются овраги глубиной до 15-18 м, борта их частично застроены, уклон превышает угол естественного откоса. На одном из оврагов производится засыпка под частную автостоянку, которая уменьшила активность его роста; тем не менее, угроза дальнейшего развития сохраняется.

IV. *Городские территории, подавляющие эрозионный рельеф.* Для них характерна вертикальная перепланировка, повышение или понижение отметок рельефа, связанное с бурным строительством и развитием городского хозяйства при недостатке городских земель. Под застройку используются и неудобные земли, но с предварительной их вертикальной планировкой и инженерной подготовкой. Овраги и балки в связи с этим террасируются, дренируются, заполняются грунтом и застраиваются, превращаясь в благоустроенные уличные магистрали, скверы, парки, бульвары. О существовании многих оврагов, засыпанных в настоящее время, напоминают лишь старые топографические планы, геологические разрезы и карты городов. Понижение отметок поверхности вызывается вертикальной планировкой, сопровождаемой срезкой возвышений, уступов и крутых склонов, устройством поверхностных выемок (карьеров, дорожных выемок, рвов, каналов и пр.), а также просадками грунтов и другими явлениями.

Ярким примером подобных поселений является г. Москва. В своем развитии город прошел через все типы взаимодействия с рельефом. Первоначальная территория занимала возвышенные территории, изрезанные оврагами. Дальнейшее развитие города происходило на малопересеченной территории, и к моменту освоения площадей, отличающихся большим расчленением, город уже обладал огромными материально-техническими ресурсами, которые позволили практически полностью игнорировать особенности рельефа.

В 1156 г. Юрий Долгорукий огородил деревянной стеной часть поселения, расположенную наиболее высоко при впадении в р. Москву малой реки Неглинной, и превратил ее в крепость (Кремль). Вокруг крутого Кремлевского холма местность была изрыта оврагами. Со временем были освоены "семь" Московских холмов с большим количеством оврагов и прилегающие равнинные территории Замоскворечья. Город вышел на Теплостанскую возвышенность, еще более заовраженную, чем его центральная часть. По мере развития городской инфраструктуры, подавляющая часть оврагов была засыпана. О прежнем положении оврагов говорят топонимы Сивцев вражек, Ленивый вражек, Успенский вражек, Вражеский переулок и др.

1970-е годы охарактеризовались изменением представлений о взаимосвязи рельефа и застройки. Новые районы на юго-западе Москвы уже приспособлялись к рельефу, вписывались в него. На настоящий момент существуют значительные территории (Ясенево, Тропарево и др.), которые не только представляют собой лесопарки; здесь сохранились практически в первозданном виде речные и овражно-балочные системы. Эрозионные процессы здесь развиваются в естественных условиях. Однако во многих местах непродуманная организация стока ливневых и талых вод приводит к активизации оврагов и образованию новых.

Примером того, насколько в крупном городе облик оврага меняется в зависимости от заинтересованности застройщика в его использовании, может служить овраг, пересекающий Мосфильмовскую улицу. Правильнее

сказать, что улица проходит над оврагом, разделяя его на две равные по протяженности части. В привершинной части оврага (левая сторона Мосфильмовской улицы) создана рекреационная зона, удачно использующая особенности живописной местности с террасированием склонов, организацией ливневой канализации вдоль асфальтированных прогулочных дорожек. Планирование верхней части оврага, глубина которой – 20 м, выполнено на территории элитного строительства. Однако даже в этой, используемой для прогулок и занятий спортом части, периодической очистки и ремонта сооружений практически не производится. Вследствие этого по бортам и в днище оврага развиваются естественные эрозионные процессы, обрушение и оползание массивов грунта, сползание дернины, гибель деревьев.

Нижняя часть оврага (правая сторона Мосфильмовской улицы) представляет собой емкость, заполняемую разного рода мусором – техническим и бытовым, а также стволами падающих, нередко вывороченных с корнем деревьев. Скапливающийся в устьевой части мусор и сточные воды непосредственно соседствуют с гольф-клубом и церковью бывшего с. Троице-Голенищево. Крупные глубокие промоины продвигаются по нижнему склону плотины и уже подходят к тротуару по правой стороне улицы.

В 1968 г в Москве по ул. академика Волгина под недавно сданным в эксплуатацию домом произошел суффозионный провал. Жилой дом был построен непосредственно в вершине оврага, в днище и бортах которого выходили подземные воды, в некоторых местах напорные. При строительстве естественное понижение было использовано в качестве котлована. Однако не были учтены, с одной стороны, гидрогеологические условия территории; с другой, засыпка оврага и ленточный фундамент сделали их непредсказуемыми. В результате целая секция 9-ти этажного дома «повисла в воздухе». Для спасения дома понадобилось больше 100 м³ бетона. Возникновение подобных ситуаций на Теплостанской возвышенности в 1970-е годы не редкость, хотя и отмечается, что градостроители впервые в Москве начали учитывать и использовать рельеф и его особенности [Лихачева, 1990].

Одним из наиболее серьезных вопросов при анализе возможных последствий овражной эрозии на урбанизированных территориях является прогнозирование возможности возникновения и габаритов овражных форм. При возведении жилых и промышленных зданий целесообразно выделять зону не проявляющейся эрозии на плакорных частях водосборов, которая является предпочтительным местом возведения инженерных сооружений. Протяженность такой зоны определяется как разность между длиной склона, начиная от водораздельной линии, и длиной оврага, который при развитии на склоновом водосборе, как правило, составляет лишь часть его протяженности. Определение возможной длины оврага выполняется в соответствии с зависимостями, в которых потенциально возможные габариты оврагов рассчитываются как функция природных факторов оврагообразования. Комплекс предложенных зависимостей может быть использован для опре-

деления предельной ширины оврага между бровками, что требуется при подготовке территорий под строительство мостовых переходов, трассировании линий трубопроводов, ЛЭП и др. При планировании проведения по днищу оврага водосбросных сооружений (труб, лотков) расчетным путем определяется продольный профиль, соответствующий условиям «выработанного». В том случае, если овраг находится в стадии завершения своего развития, место водосброса подбирается на участке днища с уклоном близким к «выработанному». Если уклоны по днищу оврага намного превышают расчетные, в днище производятся гидротехнические работы, планировка днища, устройства дополнительной шероховатости на участке водосброса, рассредоточение потока.

Основными особенностями, которые должны учитываться при расчетах потенциально возможных размеров овражных форм на урбанизированных территориях, являются следующие:

- не соответствие водосборных бассейнов на территории застройки естественным морфометрически выраженным водосборам, площадь и конфигурация которых определяются, как правило, по крупномасштабным топографическим картам;

- фильтрационная способность асфальтового или гравийного покрытия в городских кварталах, а также проселочных дорог, которая значительно ниже чем на пашне или на территориях с естественной растительностью; коэффициенты стока на урбанизированных территориях, соответственно, значительно выше;

- скорости водных потоков, превышающие характеристики потоков, формирующихся на пашне и на участках с естественной растительностью; одна из основных причин этого – низкие коэффициенты шероховатости дорожных покрытий по сравнениям с природными участками;

- значительные изменения в объеме поверхностного стока, формирующегося в пределах водосборной площади на городских улицах, в т.ч. вследствие ливневой канализации;

С учетом всех особенностей развития овражной эрозии на урбанизированных территориях разработан алгоритм расчета характеристик возможного оврагообразования (потенциала овражной эрозии). Это позволяет охарактеризовать непосредственную опасность возникновения или продолжения развития оврагов, а также оценить возможные разрушительные последствия. Разработанная методика в значительной мере будет способствовать научно обоснованному планированию использования заовраженности на урбанизированных территориях, а также разработке комплекса мероприятий по ограничению или предотвращению опасных проявлений оврагообразовательного процесса. Негативная роль оврагов в наибольшей степени определяется разрушением земельных угодий, инженерных объектов, коммуникаций.

Русловые процессы

Вся история цивилизации связана с реками. Подавляющее большинство городов и населенных пунктов находится на их берегах. 89% всех городов России расположены по одной реке (другие реки в их пределах существенно меньше главной реки), 5% – в узлах слияния равных по водности рек (Нижний Новгород – на Волге и Оке; Киренга – на Лене и Киренге; Сыктывкар – на Сысоле и Вычегде; Благовещенск – на Амуре и Зее и т.д.) и 1% - в устьях рек. Реки – источники водообеспечения жизни и производственной деятельности населения, получения энергии, транспортных связей, рекреации [Мечников, 1924; Город – Экосистема, 1997]. Используя реки и их водные ресурсы, человек всегда в той или иной мере воздействует на них, изменяя само русло, направленность и интенсивность русловых деформаций как вследствие непосредственного вмешательства (в том числе техногенного) в жизнь реки и речного русла, так и под влиянием трансформации факторов русловых процессов. К первому относятся возведение берегозащитных и регуляционных сооружений, набережных, мостовых переходов, разработка русловых карьеров песчано-гравийных стройматериалов, выполнение дноуглубительных работ по трассам судовых ходов и для обеспечения водных подходов к промышленным, коммунальным и береговым транспортным объектам, сброс в реки строительного мусора, бытовых и производственных отходов (рис. 7), прокладка подводных коммуникаций и т.д.



Рис. 7. Бытовые отходы на правом берегу р. Северной Двины в г. Котласе.

Это осуществляется в той или иной мере практически в любом населенном пункте (от деревни до крупнейшего города) и происходило во все

времена и в любых странах. Речная сеть в целом и русла сохранившихся рек претерпевали по мере роста городских территорий и в их пределах глубокие преобразования, что обычно иллюстрируется на примере г. Москвы [Природа..., 1949; Румянцев, 1998], где искусственные изменения рек путем гидротехнического строительства начались еще в XV-XVI веках, а стихийные воздействия на реки – намного раньше; на Урале и Алтае преобразования рек и изменения русловых процессов связаны с развитием горнозаводской промышленности и городов в XVII-XVIII веках.

Трансформация факторов русловых процессов на урбанизированных территориях заключается, в первую очередь, в регулировании стока воды и наносов гидротехническими сооружениями. Простейшими их видами являются водяные мельницы, существовавшие на всех малых реках возле более или менее крупных сел, рыболовецкие запруды, сохранившиеся в сельской местности до наших дней, плотины малых ГЭС, пруды и т.д. Наиболее крупные – современные гидроузлы на больших реках, в нижних бьефах которых находятся большие и крупнейшие города – Новосибирск (на Оби), Рыбинск, Нижний Новгород, Волгоград (на Волге), Красноярск (на Енисее), Пермь (на Каме) и др. С другой стороны, любой населенный пункт – источник дополнительного количества наносов, приобретающих по мере его укрупнения и развития промышленности исключительно техногенный характер [Боровков, 1989]. Сток воды и наносов изменяется под влиянием городской застройки, твердого покрытия (асфальт, бетон) улиц и площадей, ливневой канализации.

Особенно сильному антропогенному прессу в городах подвергаются русла малых рек, которые либо механически уничтожаются, либо превращаются в сточные каналы, бетонные лотки и т.д. Механическое изменение русел малых рек, превращение их в свалки бытового мусора и отходов производства типично также для сельских поселений и поселков городского типа, леспромхозов

Загрязнение воды и специфический химический состав донных отложений и илистых осадков на реках в городах создают совершенно новые черты динамики потоков, движения наносов в руслах рек и, как следствие, формы проявления русловых процессов [Боровков, 1989; Беркович и др., 1997]. Под влиянием загрязнений в руслах рек происходит физико-химическое преобразование руслообразующих наносов и речных отложений в тяжелые техногенные илы. Эти явления характерны для всех, даже для больших рек особенно там, где они протекают через градопромышленные агломерации. Благодаря последующим русловым деформациям, размыву и техногенному нарушению отложений в реках возможно и часто наблюдается вторичное загрязнение речной воды. В результате реки утрачивают многие свои функции, связанные с обеспечением жизни людей, а их экосистемы оказываются нередко уничтоженными.

В пределах городов меняются ледовый режим рек (реки зачастую не замерзают) и их тепловой сток, что также отражается на руслоформи-

рующей деятельности речных потоков. Так, р. Бия ниже г. Бийска замерзает только вдоль левого берега, тогда как открытое русло сохраняется зимой даже в правобережной Фоминской протоке верхней Оби, ниже слияния Бии и Катунь. Это – следствие промышленных стоков с предприятий города. В нижних бьефах ГЭС на Оби, Енисее, Волге у Волгограда всю зиму сохраняются полыньи длиной 20-30 км.

Вместе с тем реки, осуществляя постоянные переформирования своих русел (русловые деформации), всегда создавали опасность для жизни и деятельности людей, размывая берега и дно, создавая трудности для судоходства, спрямляя излуины, оставляя города в стороне от рек, заноса наносами водозаборы и т.д. (табл. 2).

Таблица 2. Опасные проявления русловых процессов на реках урбанизированных территорий (город, населенный пункт – река)

Размывы берегов	«Уход» реки от города (населенного пункта)	Активизация оползневых процессов	Занесение (обсыхание) водозаборов, водовыпусков, акваторий портов, причалов и т.д.	Ледовые явления и наводнения как следствие русловых процессов
<u>Обь</u> Колпашево, Барнаул (заречная часть) <u>Волга</u> Дубна, Астрахань <u>Волга, Шексна</u> Рыбинск <u>Лена</u> Нижний Бестях <u>Вилуй</u> Вилуйск <u>Колыма</u> Зырянка <u>Кеть</u> Белый Яр <u>Вычегда</u> Сыктывкар (заречная часть), Сольвычегодск*, Ошляпье <u>Чумыш</u> Заринск <u>Сухона</u> Великий Устюг* <u>Вологда</u> Вологда <u>Алдан</u> Хандыга <u>Иртыш</u> Ханты-Мансийск	<u>Обь</u> Быстрый Исток, Акутиха, Шелаболиха, Усть-Чарышская пристань, Красный Яр, Вороново <u>Волга</u> Астрахань <u>Лена</u> Якутск <u>Амур</u> Хабаровск, Комсомольск-на Амуре <u>Сысола</u> Сыктывкар <u>Вилуй</u> Вилуйск <u>Катунь</u> Верх. Катунское	<u>Обь</u> Барнаул <u>Иртыш</u> Тобольск <u>Сысола</u> Сыктывкар <u>Белая</u> Уфа <u>Кубань</u> Усть-Лабинск	<u>Обь</u> Новосибирск, Барнаул (верхний водозабор), Барнаул (нижний водозабор), Камень-на-Оби <u>Волга</u> Волгоград <u>Лена</u> Моховоголоух, Якутск <u>Томь</u> Томск <u>Сысола</u> Сыктывкар <u>Чулым</u> Ачинск <u>Коряжма</u> Вычегда <u>Вага</u> Шенкурск	<u>Сухона</u> Великий Устюг <u>Лена</u> Якутск, Ленск, Олекминск <u>Северная Двина</u> Котлас, Холмогоры

Примечание: * – выполнены берегозащитные работы, остановившие размыв берегов.

Наиболее яркими примерами неблагоприятных проявлений русловых процессов являются размывы берегов. В нижнем бьефе Рыбинского гидроузла на Волге и Шексне из-за них создавалась угрожающая ситуация для многих жилых и промышленных объектов в г. Рыбинске [Чалов, Беркович, 1997]. На Выгегде в г. Сольвычегодске, на Оби в г. Колпашево, на Кети в поселке Белый Яр, на Северной Двине в д. Новинки было смыто несколько улиц и кварталов, а в г. Сольвычегодске под угрозой разрушения долгое время находился памятник архитектуры XV века - Благовещенский собор [Иванов и др., 1998; Чернов и др., 2000].

Иногда это влияние может носить опосредованный характер. Например, ледовые заторы и сопровождающие их наводнения являются причиной спрямления русел возле городов из-за обхода рекой «плотин», образованных нагромождениями льда. Так, г. Великий Устюг на Сухоне в XIII-XIX веках пережил восемь катастрофических наводнений. Одно из них превратило проходящий по городу ров в существующее и поныне Смольниковское озеро; после наводнения 1807 г. между Пятницкой церковью и д. Пятницкой образовалась протока (полон), который продолжал развиваться, и через 50 лет его ширина превысила 250 м; старое русло, которое подходило к Троице-Глединскому монастырю, обмелело, и сейчас на его месте широкий луг и небольшие озерки. В результате д. Коромыслово, находившаяся на левом берегу Сухоны, оказалась на правом (рис. 8).



Рис.8. Спрямление излучины р. Сухоны у г. Великого Устюга вследствие образования затора в узле слияния Сухоны и Юга. 1 – современное положение русла; 2 – русло в середине XIII века; 3 – город и населенные пункты; 4 – монастырь; 5 – место затора льда.

С другой стороны, обмеление рек приводит к снижению пропускной способности русел во время ледохода, обуславливая формирование заторов, приводящих к наводнениям. В настоящее время это связано, в том числе, с прекращением дноуглубления на судоходных реках, в результате чего ледостав устанавливается при меньших глубинах на перекатах. Такова, по-видимому, еще одна из причин наводнений в г. Великом Устюге, произошедших в 1998-1999 гг. [Алабян, Алексеевский и др., 2009]. С другой стороны, урбанизация и вообще организация жизни и деятельности людей на берегах рек и приречных территориях стали одним из важнейших антропогенных факторов русловых процессов, обуславливающих новые формы и активизацию их опасных проявлений. При этом степень воздействия городов на реки, как и обратного воздействия русловых процессов на города, зависит от размеров тех и других. Для оценки этих взаимных воздействий принята классификация населенных пунктов в соответствии с «Градостроительным кодексом Российской Федерации» (1999 г): МСП – малое сельское поселение, численность населения < 200 человек; ССП – среднее, 200-1 тыс.; БСП – большое, 1-5 тыс.; КСП – крупное, >5 тыс.; П – поселки и МГ – малые города, <50 тыс.; СГ – средние города, 50-100 тыс.; БГ – большие, 100-200 тыс.; КГ – крупные, 250 тыс.-1 млн; КрГ – крупнейшие, 1-3 млн.; СКГ – сверхкрупные города, >3 млн. человек).

Оценка степени влияния урбанизации на русла рек и обратное влияние русловых процессов на города и населенные пункты может проводиться по 5-балльной шкале. В этом случае состояние составляющих систему "город - русло реки" можно представить в виде таблицы 3: 0 баллов характеризуют отсутствие изменений русел рек и русловых процессов под влиянием города, 1 балл соответствует возникновению отдельных изменений, связанных с берегоукреплением, наличием городского водозабора, дноуглублением для обеспечения водных подходов к пристани; русло при этом сохраняется в естественном состоянии. Оценка в 5 баллов отвечает полному канализированию рек, заключению их в трубы, сплошному распространению инженерных сооружений по берегам, массовым мостовым и подводным переходам, наличию плотин, регулирующих сток рек, накоплению в руслах илов техногенного происхождения и, как следствие, ликвидация речной экосистемы; нередко при этом изменения русел распространяются далеко за пределы городов вниз по течению. Например, градопромышленное заиление р. Инсара наблюдается на всем его протяжении (около 100 км) от г. Саранска до впадения в р. Алатырь [Беркович и др., 1998].

Соответственно, оценка 0 баллов означает, что реки не оказывают влияния на города (сельские поселения); при 1 балле оно проявляется в отдельных частных формах (возникают затруднения в работе водозаборов из-за деформаций русла и т.д.). При 5 баллах город (сельское поселение) вынужден постоянно защищаться от размыва берегов, бороться с занесением водозаборов, проводить различные регуляционные мероприятия на реке, обеспечивающие нормальную жизнь города.

Чем больше город, тем при прочих равных условиях глубже и масштабнее преобразования рек, больше и разнообразнее формы техногенного воздействия на их русла. Малые реки в больших, крупнейших и сверхкрупных городах, как правило, находятся в самом неблагоприятном состоянии, деградируют, превращаются в сточные канавы, если вообще не ликвидируются, и, с точки зрения русловых процессов, как правило, вообще не составляют опасности для городской территории. Среди средних рек наиболее впечатляющий пример – р. Москва в черте города, находящаяся между двумя плотинами, полностью заключенная в гранитные или бетонные набережные, и по существу представляющая собой русловое водохранилище. Однако иногда малые реки, сохранившиеся на территории города в естественном состоянии, размывая берега, вызывают локальную опасность разрушения строений и коммуникаций. Так, в г. Рыбинску приток Волги – р. Черемуха создает угрозу разрушения ул. Генерала Бакова; высокий подмываемый уступ левого берега непосредственно подходит к полотну улицы, за которым на расстоянии 20–30 м от берега стоят современные многоэтажные дома. Река Ушайка в черте г. Томска из-за понижения базиса эрозии, связанного с посадкой уровней в реке Томи, чуть не вызвала разрушение старинного моста в центре города, потребовав срочного его укрепления, и разрушила набережную в месте впадения ее в р. Томь (рис. 9).



Рис. 9. Река Ушайка в г. Томске перед впадением в р. Томь

Большие реки подвергаются существенному воздействию со стороны городов, особенно крупных, крупнейших и сверхкрупных, и их русла нередко утрачивают естественный морфологический облик. Таковы Енисей в г. Красноярске, Обь в г. Новосибирске, Иртыш в г. Омске. Тем не менее, их сопротивляемость антропогенным нагрузкам достаточно велика, вследствие чего, как правило, полной трансформации русловых процессов на больших реках не происходит.

Таблица 3. Оценка (в баллах) взаимовлияния города на русла рек и русловых процессов на города (поселения)

Баллы	Влияние города на русло	Влияние русловых процессов на город
0	Отсутствует	Отсутствует
1	Отдельные регуляционные сооружения, берегоукрепление, водозабор, дноуглубление на судовом ходу. Русло сохраняется в естественном состоянии	Локальные размывы берегов, периодическое занесение наносами водозабора
2	Набережная в центральной части города, дамбы, затон, причальные сооружения; мостовой переход; водозаборы; берегоукрепление, капитальная прорезь в русле для обеспечения водных подходов. Берега, частично утратили естественный облик, но русло не изменено	Местные размывы берегов, заносимость водозаборов и водных подходов к причалам, затопления при экстремальных половодьях освоенных участков поймы.
3	Набережные или берегоукрепления на протяжении от 20 до 60% береговой линии в черте города, частичный намыв поймы под застройку или ее обвалование; изменения пойменных ландшафтов вследствие перекрытия пойм дамбами; сплошное выправление русла для судоходства, водозаборы, мостовые и подводные переходы, карьеры в русле, затоны и дамбы, перекрытие боковых рукавов, появление в русле техногенных осадков. Частичные изменения морфологии русла и его рельефа, утрата рекой естественного облика, нарушения речной экосистемы.	"Уход" реки от города или многочисленные размывы берегов, оползневые процессы на берегах при подмыве, регулярное затопление освоенной поймы.
4	Сплошные набережные и берегоукрепление, массовые карьерные разработки, утрата рекой рекреационных качеств в городе, загрязнение донных осадков, мостовые переходы, водозаборы, подворные переходы; массовые выправительные сооружения в русле, дамбы и пр. Полная утрата руслом реки естественного облика, частичная ликвидация речной экосистемы.	Размывы берегов на протяжении более 60% их длины в черте города, приводящий к отдельным разрушениям; нарушения работы водозаборов из-за их заносимости. Посадки уровней как следствие карьерных разработок и размывов русла в нижних бьефах, у мостовых переходов и т.д.
5	Полное канализирования русла, заключение реки в трубы, сплошное расположение инженерных сооружений по берегам, массовые мостовые и подводные переходы, дамбы; плотины, регулирующие сток; накопления техногенных илов, городская и промышленная застройка поймы, ее обвалование или намыв. Полная ликвидация речной экосистемы, распространение влияния города вниз по течению.	Сплошной размыв берегов с разрушением улиц, зданий, коммуникаций; заиливание и занесение наносами вплоть до вывода из строя водозаборов, уничтожение пляжей и других мест рекреации; подмостовые размывы, приводящие к аварийной ситуации; обрывы подводных переходов через реки из-за размывов русла; катастрофические посадки уровней воды.

Так, на Оби в районе г. Барнаула, несмотря на два мостовых перехода, порт, затоны, несколько десятков различных инженерных сооружений, в т.ч. водозаборов, карьеры стройматериалов и дноуглубительные ра-

боты, русло сохранило свой морфодинамический тип, а его деформации получили специфическое направление развития только возле мостовых переходов и под влиянием русловых карьеров (в обоих случаях речь идет о глубинной эрозии, приведшей к посадке уровней. Однако из-за неучета последствий эти деформации нередко носят неблагоприятный и опасный для других имеющихся сооружений и объектов характер. На Оби у г. Барнаула из-за разработки карьера ниже железнодорожного моста существенно возросло аварийное состояние последнего; строительство нового автодорожного моста с подходной дамбой, полностью перекрывающей на только пойму, но и правый рукав реки (в него до этого уходило до 30% расхода воды), привело к активизации размывов берегов ниже по течению, в т.ч. в районах расположения заречных поселков. В Астрахани, Рыбинске (до недавнего времени) и многих других городах бессистемная локальная берегозащита приводит к усилению размывов берегов на соседних участках. Многие сооружения в городах или возле них возводятся без должного прогноза русловых деформации, что впоследствии приводит к необходимости "борьбы" с нежелательным их развитием. Выше и ниже г. Барнаула на Оби, соответственно, городской и промышленной водозаборы уже вскоре после их сооружения стали заноситься наносами, а затем оказались отгороженными от реки молодой поймой, в речном заливе – заводи (рис. 10). Для обеспечения их работы в первом случае производится систематическая расчистка русла землечерпательными средствами, а во втором - через пойму прорыт специальный канал. Характерно, что в створе верхнего городского водозабора из-за размыва берег при смещении излуины в аварийном состоянии оказалась опора ЛЭП, для спасения которой под нее произведен намыв грунта землесосами, а затем сделана берегозащита из каменной наброски.



Рис. 10. Занесение водозабора на р. Оби выше г. Барнаула.
Фото В.Н. Дьячкова

На крупнейших реках влияние больших и даже крупных городов на русловые процессы сравнительно невелико (Лена у Якутска, Амур у Хабаровска, Волга у Астрахани и Нижнего Новгорода). Но и здесь возможно нежелательное развитие русловых процессов с точки зрения их влияния на взаимосвязь города и реки. На р. Лене у г. Якутска (рис. 11) при проектировании намыва поймы (повышение ее отметок) для расширения зоны за-

стройки в районе, прилегающем к центру города, предполагалась разработка карьеров в левом отмирающем рукаве реки. Объемы изъятых грунтов планировались столь большими, что это могло бы привести к развитию этого рукава и полной перестройке разветвленного русла [Чалов, 1988], вследствие чего город еще более удалился бы от реки, к порту и причалам предприятий пришлось искусственно поддерживать 10-километровый подходный путь, а городские водозаборы оказались в зоне аккумуляции и будут занесены.

Одновременно создаваемый на намывной территории микрорайон будет подвержен размыву и потребует выполнения берегозащитных мероприятий. К счастью, проект был отклонен. Вместе с тем естественное развитие Якутского разветвления русла таково, что периодически возникает вероятность развития удаленного от города и порта правого рукава – Буорыларской протоки и обмеления левого рукава – Адамовской протоки [Зайцев и др., 1998]. Это вызывает необходимость проведения регулярных дноуглубительных работ, обеспечивающих расположение основного течения реки в рукаве (Адамовской протоке), подходящем к левому берегу ближе к городу и заходу в порт. Однако и в оптимальном для обеспечения подходов реки к городу подходящем к левому берегу, наряду с его обеспечением, приходится вести борьбу с размывами берегов – правого у п. Нижнего Бестяха, где располагаются сооружения телефонных сетей и причалы Амуро-Якутской автомобильной магистрали (не говоря уже о жилых домах и других хозяйственных постройках), и левого в районе водозаборов и причалов порта, находящихся вне портового ковша.

В г. Астрахани продолжающееся направленное смещение русла Волги вправо сопровождается обмелением левого рукава – Городской протоки, где находятся городской водозабор, причалы речного порта и пассажирского вокзала; правый рукав при этом углубляется, водность его растет; правый берег реки в нем на значительном протяжении либо укреплен бетонными стенками причалов промышленных предприятий, либо размывается там, где располагается застройка частного сектора [Коротаев, Алабян и др., 1998]. В г. Сыктывкаре переформирование русел Вычегды и Сысолы, сопровождаются размывами берегов в местах расположения опор ЛЭП, коммуникаций и заречных поселков, активизаций оползневых процессов на левом высоком берегу, где находятся городской парк, обмелением городских водозаборов, оказывая в целом непосредственное влияние на развитие всей городской приречной инфраструктуры. На этом фоне происходят периодические спрямления излучин и изменения положения узла слияния рек, которое может привести в ближайшие годы либо к «уходу» реки от центральной части города, либо, наоборот, к усилению воздействия потока на нее [Рулева, Чалов, 2003].

Большинство средних и малых городов на крупнейшие реки не оказывает заметного влияния, на большие – оно проявляется, как правило, незначительно. Исключения представляют те случаи, когда русла рек корен-

ным образом изменяются благодаря гипертрофированному воздействию одного или небольшого числа антропогенных факторов (карьеры ПГС, нижние бьефы ГЭС, совместное их влияние). Таково полное преобразование русла р. Томи у Томска под влиянием русловых карьеров [Беркович, Рулева и др., 1998], русла Оби в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС, где сказались как влияние гидроузла, так и разработка карьеров, укрепление берегов, дноуглубление, выправительные сооружения, мостовые переходы и др.

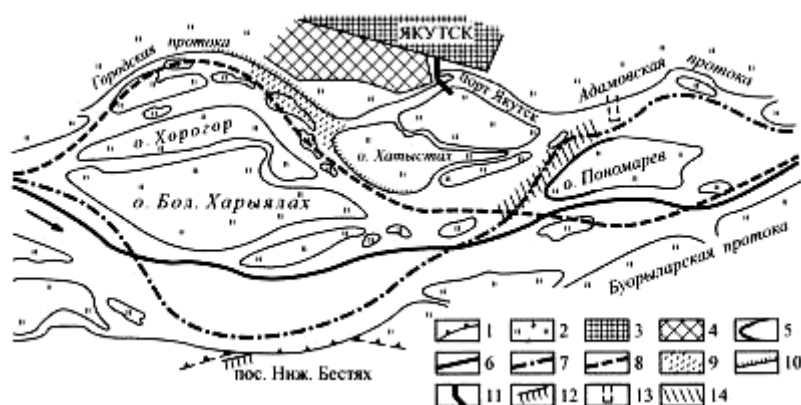


Рис. 11. Схема Якутского разветвления русла р. Лены. 1 – коренной берег; 2 – пойма; 3 – территория г. Якутска; 4 – проектируемый микрорайон города на намывных территориях; 5 – современные размывы берега реки; 6 – возможное положение главного течения реки при естественном развитии русла; 7 – современное положение главного течения реки, поддерживаемое дноуглублением; 8 – возможное положение главного течения реки при разработке карьеров в Городской протоке; 9 – положение проектируемого карьера для намыва территории в Городской протоке; 10 – участки возможного размыва берегов в Городской протоке при разработке в ней карьеров; 11 – существующая дамба, ограждающая речной порт; 12 – местоположение зданий телефонных сетей; 13 – городской водозабор; 14 – положение дноуглубительных прорезей для поддержания современного положения главного течения реки в левом рукаве.

Опасность русловых процессов наибольшая для малых городов, расположенных на берегах больших и крупнейших рек, тогда как крупные и крупнейшие города практически не зависят от деформации русел малых рек. Примерами первого являются г. Сольвычегодск на Вычегде, г. Колпашево на Оби (рис. 12), п. Белый Яр на Кети, п. Хандыга на Алдане др.

Для многих городов, в т.ч. не испытывающих опасности от размыва берегов, характерно разрушение дачных загородных поселков, располагающихся часто на интенсивно подмываемых пойменных берегах вблизи городов. Таковы дачные поселки на пойме Амура напротив г. Хабаровска, Оби ниже г. Новосибирска (рис. 13), Волги ниже г. Дубны, на островах и левом

берегу напротив г. Волгограда. Нередко это приводит к серьезным социальным конфликтам между населением и властями, выделившими под дачное освоение заведомо опасные в отношении размыва участки.

Вне зависимости от размеров рек и населенных пунктов проблемы, связанные с влиянием русловых процессов на состояние последних сводятся к минимуму, если реки имеют врезанное устойчивое русло, либо они расположены на сложенных трудноразмываемыми горными породами берегах. На Вычегде в 20 км выше г. Сольвычегодска (он расположен на правобережной песчаной надпойменной террасе) на левом берегу находится г. Коряжма с крупнейшим на севере Котласским ЦБК. Хотя река подходит к этому берегу под достаточно большим углом и далее следует вдоль него, размыва его не происходит (он сложен тяжелыми пермь-триасовыми мергелями и глинами). Однако другие элементы обеспечения жизни города в той или иной мере зависят от русловых процессов. В г. Коряжме находящийся выше города водозабор периодически подвергается то заносимости наносами, то размыву, а рассеивающий выпуск Котласского ЦБК из-за направленного смещения русла оказался погребенным под прирусловой отмелью и вышел из строя. В первом случае проводятся регулярные землечерпательные работы по расчистке водозабора либо отводу от него потока, во втором – потребовалось капитальное выправление русла и строительство нового водовыпуска [Иванов и др., 1998].

Полная независимость сельских поселений и тем более городов от русловых деформаций может быть только у расположенных на берегах ручьев и самых малых рек, которые полностью подавляются самими поселениями (городами). К таковым можно отнести самую малую реку в г. Барнауле – Пивоварку, левобережный приток Барнаулки. Но их заилиение может отразиться на условиях жизни малых и средних сельских поселений. Размеры малых рек пренебреженно малы по отношению к крупным, крупнейшим и сверхкрупным городам. Во всех остальных случаях даже при отсутствии горизонтальных деформаций (размывов берегов) водозаборы, коммуникации, мостовые и подводные переходы постоянно подвергаются воздействию потока, и опасность их повреждения и возникновения вследствие русловых деформаций аварийной ситуации возникает даже на реках с самым устойчивым руслом.

На основе обобщения имеющихся сведений (данные собственных исследований, литературные и другие источники) о влиянии русловых деформаций на состоянии городов и населенных пунктов и степени измененности речных русел под влиянием промышленности, городского хозяйства и транспорта, деятельности людей, связанной с обеспечением жизни в городах и других поселениях, составлены таблицы 4 и 5.

В табл. 4 в соответствии с предложенной системой балльных оценок показаны степень воздействия русловых процессов на города и другие поселения. При этом в конкретных условиях это воздействие может быть меньшим из-за высокой устойчивости русла (малой его деформируемости),

расположении города (поселения) на коренном берегу и т.д. То есть, речь идет об оценке возможных максимальных воздействий, общий диапазон которых может начинаться даже в малом сельском поселении на большой реке с 0 баллов. В отличие от этого данные таблицы 5 определяют фактическую измененность русел под влиянием урбанизации. При этом в определенных условиях (для ручьев и малых рек), начиная с уровня средних городов, происходит деградация рек или полная их ликвидация – забор в коллектор, засыпка и пр. что уже выходит за рамки балльной оценки.



Рис. 12. Размыв правого берега р. Оби у г. Колпашево. Фото С.Н. Рулевой.



Рис. 13. Размыв дачного поселка на р. Оби ниже г. Новосибирска. Фото Р.С. Чалова

Как видно, чем больше река и меньше город (сельское поселение), тем в большей мере функционирование последних зависит от русловых деформаций: для МСП даже ручей может вызывать локальные неблагоприятные явления (1 балл), но влияние крупной реки на СКГ оценивается макси-

мально лишь 2 баллами. Вместе с тем ручьи даже в МСП подвержены заметным изменениям (1-2 балла), тогда как изменения русел крупнейших рек с СКГ могут быть не более 3 баллов. Сохранение же ручья и малой реки в городах требует проведения специальных мероприятий, выполнение которых может привести к созданию в городах рекреационных зон. Это, однако, происходит очень редко; городские власти чаще предпочитают даже сохранившиеся водные объекты уничтожать или, ведя неразумное строительство, создавать условия для их исчезновения, деградации (подобные факты имеют место, например, в Ижевске, Брянске и многих других городах).

Наиболее сильно изменяются русла рек, протекающих в городах, особенно крупных. Сосредоточение здесь практически всех видов воздействия на русловые процессы сопровождается такими необратимыми изменениями русел даже крупнейших рек, которые имеют в том числе серьезные экологические последствия. На многих реках, в первую очередь средних и больших, связанная с русловыми процессами напряженность в городах усугубляется размывами берегов, спровоцированными антропогенными факторами: Волга у Дубны, в Рыбинске [Чалов, Беркович, 1997], Вологда в г. Вологде [Кичигин, Труфанов, 1987]. Этими факторами могут быть попуски ГЭС и связанное с ними неустановившееся течение реки, движение транспортного флота с повышенными осадкой судов и скоростями, образование водоворотных зон возле местных берегоукрепительных сооружений и т.д.

Во многих случаях напряженность в городах, связанная с опасными проявлениями русловых процессов, определяется отсутствием учета или ошибками в прогнозах естественных и антропогенно обусловленных деформаций русел, сложным наложением их, полной несогласованностью работ по эксплуатации рек и использовании водных и минеральных ресурсов рек, проводимых разными службами, ведомствами, владельцами. Каждая отрасль экономики, предприятие, городское хозяйство проектируют и проводят мероприятия без согласования между собой и без учета взаимовлияния этих мероприятий на русловые процессы, не предусматриваются профилактические меры по недопущению или снижению негативных последствий, берегоукрепительные работы проводятся не комплексно, в результате чего защитные сооружения на одном участке берега являются причиной активизации размывов на другом. Отсюда возникновение многочисленных проблем при защите берегов от размыва, обеспечении устойчивости и надежности мостовых и других переходов, борьбе с занесением наносами водозаборов, обеспечении водных подходов к портам, затонам и т.д. При этом для каждого города появляются все новые формы техногенных воздействий на русла рек и их поймы. Таково освоение в городах под застройку пойм рек и развитие на них дачных хозяйств, что в многоводные годы превращает обычные половодья в наводнения, перекрытие пойм и рукавов рек глухими дамбами при строительстве мостовых переходов и т.д. Это ведет к необходимости выполнять дополнительные мероприятия для обеспечения

нормальных условий жизнедеятельности людей, в свою очередь воздействующих на русловые процессы.

Таблица 4. Влияние русловых деформаций на города и населенные пункты (в баллах)*

Населенные пункты **	Реки				
	ручей	малая	средняя	большая	Крупнейшая
МСП	0-1	2	3-4	4-5	5
ССП	0-1	1-2	3	3-4	5
БСП	0	1-2	3	3-4	4-5
КСП	0	1-2	2-3	3-4	4
МГ, ПТ	0	1	2-3	3	4
СГ	0	0-1	2	3	3-4
БГ	0	0-1	1-2	2-3	3
КГ	0	0	1-2	2	2-3
Кр.Г	0	0	1	1-2	2-3
СКГ	0	0	1	1-2	2

*объяснение в таблице 3; ** объяснения в тексте

Таблица 5. Влияние городов и населенных пунктов на состояние речных русел (в баллах*)

Реки	Населенные пункты									
	ММСП	СССП	ББСП	ККСП	ММГ, ПТГ	ССГ	ББГ	ККГ	ККр.Г	ССКГ
ручей	1-2		2-3	3-4	4-5	ДД*	ДД-Л**	ДД-Л	ДД-Л	ДД-Л
малая	0-1		1-2		2-3	3-4			ДД-Л	ДД-Л
средняя			0-1		1-2		2-3	3-4		
большая				0-1		1-2		2-3	3-4	
крупнейшая					0-11		1-22		2-3	

* - деградация рек; ** - ликвидация рек

Прогнозирование русловых деформаций заключается в определении направленности и темпов изменений русла, выявлении периодичности в развитии форм русла и стадий проявления процесса. В основе его лежит метод тенденций, заключающийся в ретроспективном анализе переформирования русла и экстраполяции полученных данных о его изменениях за историческое время в зависимости от сочетания конкретных условий формирования русла и стадии развития его форм на перспективу, позволяет установить пространственно-временные тенденции в развитии форм русла, установить направленный или периодический их характер, скорости и тенденции их изменений, вероятность спрямления и характер смещения излучин, развития и отмирания рукавов, смещения вдоль русла побочной и осередков, темпы размыва и наращивания берегов и т.п., найти корреляционные зависимости и воспользоваться ими для составления прогнозов, в том числе при заданных изменениях факторов русловых процессов и техногенном воздействии на русло.

Экстраполируя полученные данные на перспективу с учетом расположения объектов городского хозяйства, сооружений и коммуникации можно дать достаточно объективное представление об изменениях русла, выявить зоны размыва (намыва) берегов и величину возможного их отступления, вероятность активизации или затухания процесса.

В последнее время данные руслового анализа дополняются компьютерным моделированием [Зайцев, Ильясов и др., 2003]. Использование двумерных моделей позволяет на урбанизированных участках рек “проигрывать” различные варианты русловых деформаций в зависимости от расположения и компоновки различных сооружений и мероприятий, воздействующих на поток.

Особое значение в процессах русловых деформаций на урбанизированных участках рек имеет оценка размывов русла в нижних бьефах гидрозлов. Интенсивность этого процесса легко определяется по кривым связи расходов воды и уровней $Q=f(H)$, которые, будучи полученными за многолетний период, позволяет экстраполировать его результаты на перспективу. Вместе с тем для расчета и прогнозов размывов русла применяется модели, основывающиеся на учете баланса наносов и уравнений деформаций русла [Векслер, Доненберг, 1983; Сидорчук, 1986]. Если при этом на реке производится добыча стройматериалов (русловые карьеры) или разработка дноуглубительных прорезей, врезание, приобретает незатухающий характер, сохраняя опасность разрушения подводных коммуникаций, обсыхания водозаборов и водовыпусков, береговых инженерных сооружений и т.д. В таких случаях для прогноза размыва дна применяется существующие методы расчета, разработанные для оценки влияния карьеров, землечерпательных прорезей, стеснения русла мостовыми переходами [Проектирование ..., 1964; Руководство ..., 1996] и других мероприятий, вызывающих понижения отметок дна. Полученные результаты суммируются с данными о размывах в нижних бьефах ГЭС, что позволяет получить прогнозную оценку вероятного понижения отметок дна.

Заключение

Овражная эрозия и русловые деформации – наиболее опасные для функционирования населенных пунктов (от деревень до крупнейших городов) процессы. Правильное, научно обоснованное управление ими позволяет не только предотвращать неблагоприятное их развитие, но и использовать в нужном направлении, оптимальном для обеспечения жизни и деятельности людей. Оба эти аспекта – предотвращение и рациональное использование (не дать разгуляться стихии, с одной стороны, но и не бездумно бороться с процессами, идя наперекор природным явлениям, а поставить их и созданные ими формы на службу человеку) является основой создания в городах и населенных пунктах экологически благоприятной обстановки на реках и в овражно-балочных системах.

ЛИТЕРАТУРА

Алабян А.М., Алексеевский Н.И., Евсеева Л.С., Жук В.А., Иванов В.В., Сурков В.В., Фролова Н.А., Чалов Р.С., Чернов А.В. Генетический анализ причины весеннего затопления долины Малой Северной Двины в районе г. Великого Устюга // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 14. М.: МГУ. 2003

Басовская С.Ю. Эрозионные системы г. Волгограда и их экологические состояния // Пятнадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Волгоград, 2000

Беркович К.М., Злотина Л.В., Чалов Р.С. Русловые процессы и градопромышленное заиление реки Инсар в Мордовии // География и природные ресурсы. 1998. № 2.

Беркович К.М., Рулева С.Н., Сурков В.В., Чалов Р.С. Русловые процессы, антропогенные переформирования русла нижней Томи и их влияние на ландшафты поймы // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 11. М.: МГУ. 1998. С.215-240

Боровков В.С. Русловые процессы и динамика речных потоков на урбанизированных территориях. Л., Гидрометеиздат. 1989. 288 с.

Векслер А.Б., Доненберг В.М. Переформирования русла в нижних бьефах крупных гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат. 1983.

Веретенникова М.В., Зорина Е.Ф., Ковалев С.Н., Любимов Б.П., Никольская И.И., Прохорова С.Д. Экологические проблемы овражной эрозии в разных географических условиях // Экологические проблемы эрозии почв и русловых процессов. М.: Изд-во МГУ. 1992.

Город – экосистема. М.: Медиа-ПРЕСС. 1997.

Докучаев В.В. Способы образования речных долин Европейской России. СПб. 1978

Зайцев А.А., Ильясов А.К., Савельев Р.А., Бемков В.В., Милитев А.Н. Компьютерное моделирование русловых процессов // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Вып.9. 2003

Зайцев А.А., Кирик О.М., Чалов Р.С. Регулирование русла реки Лены // Труды АВН. Вып. 5. М. 1998.

Зорина Е.Ф., Веретенникова М.В., Ковалев С.Н. Овражно-балочные системы. г. Брянска // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 15. М.: МГУ. 2005

Иванов В.В., Чалов Р.С., Чернов А.В. Малые города и русловые процессы на большой реке (Коряжма, Соловычегодск, Котлас на Вычегде) // Тринадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Псков. 1998.

Кичигин А.Н., Труфанов А.И. Влияние урбанизации на русловые процессы // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: изд-во МГУ. 1987. С. 366-367.

- Ковалев С.Н.** Овражная эрозия на урбанизированных территориях // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 13. М.: МГУ. 2009
- Коротаев В.Н., Алабян А.М., Беркович К.М., Иванов В.В.** Применение методов руслового анализа для решения водохозяйственных проблем нижней Волги // Труды АВН. Вып. 5. 1998
- Лепехин И.И.** Дневные записки путешествия по различным провинциям Российского государства 1769 и 1770 гг. СПб.: 1771-1780.
- Лихачева Э.А.** О семи холмах Москвы. М.: Наука. 1990.
- Мечников И.И.** Цивилизация и великие исторические реки. М.: Голос труда. 1924
- Паллас П.С.** Путешествие по разным провинциям Российской империи в 1770 г. Часть. II. Кн. I. СПб. 1786.
- Природа города Москвы и Подмосковья. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1949
- Проектирование судовых ходов на свободных реках. Труды ЦНИИЭВТ. Вып. 36. М. 1964
- Руководство по разработке раздела «Охрана окружающей природной среды» в проектах карьеров обводненных месторождений песчано-гравийных материалов». М. 1996.
- Рулева С.Н., Чалов Р.С.** Русловые деформации в узле слияния рек Вычегды и Сысолы и их влияния на инфраструктуру г. Сыктывкара // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Вып. 9. 2003.
- Румянцев И.С.** Страницы истории российской гидротехники. М.: МГУП. 1999. 211
- Саушкин Ю.Г.** Москва: Географическая характеристика. М. 1964.
- Сидорчук А.Ю.** Единство эрозионно-аккумулятивного процесса в сети водотоков // Современная география и окружающая среда. Секция – исследования эрозионных и русловых процессов. Казань: Изд-во Казанского ун-та. 1996. С. 178-182
- Фальк И.П.** Записки путешествия академика Фалька. Полн. собр. ученых путешествий по России. Том 6. СПб. 1924
- Чалов Р.С.** Выступление участника совещания // О Реализации основных положений генерального плана г. Якутска. Материалы заседания Якутского республиканского совета по особо важным градостроительным вопросам. Якутск. 1988.
- Чалов Р.С., Беркович К.М.** Размывы берегов р. Волги в пределах г. Рыбинск // Экология городов. Информационный сборник. 1997 № 10.
- Чернов А.В., Чалов Р.С., Рулева С.Н.** Влияние флювиальных процессов на состояние памятников архитектуры // Материалы региональной научно-практической конференции "Краеведение и туризм: проблемы, поиски, перспективы". Орел. 2000. С. 173-177.