УДК 551.438.5/551.435.1

ТИПЫ ВЗАИМОСВЯЗИ ИНФРАСТРУКТУРЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С ЭРОЗИОННО-РУСЛОВЫМИ СИСТЕМАМИ

© 2021 г. С. Н. Ковалёв^{1,*}, Р. С. Чалов^{1,**}

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

*E-mail: kovalevsn@mail.ru

**E-mail: rschalov@mail.ru

Поступила в редакцию 17.07.2020 г.

После доработки 27.09.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Обобщены результаты исследований взаимоотношений инфраструктуры населенных пунктов (сельских и городов) с эрозионным рельефом и овражной эрозией, реками и русловыми процессами. От степени расчленения их территорий овражно-балочной и речной сетью, расположения поселений на берегах рек – от малых до крупнейших – зависят формирование инфраструктуры и условия жизнедеятельности населения. Большинство населенных пунктов приурочено к рекам и крупным балкам с постоянным водотоком, т.е. к формам рельефа, с которыми, в первую очередь, связаны снабжение водой, условия для производственной деятельности и получения энергии, транспортные связи. Вместе с тем овражная эрозия и русловые деформации создают опасность разрушения объектов или вывода их из эксплуатации. С ростом населенных пунктов, развитием их технических и экономических возможностей расширяется воздействие сначала на отдельные элементы, а затем на весь эрозионный рельеф, осуществляется защита от опасных проявлений овражной эрозии и русловых процессов. На разных стадиях существования населенные пункты полностью зависят от рельефа и процессов, подстраиваясь или преобразуя их, нейтрализуя неблагоприятное развитие эрозионных и русловых процессов. От того, насколько правильно выбрана территория для поселения, рационально используются особенности эрозионного рельефа, учитываются русловые деформации и вероятность оврагообразования, зависит его устойчивость. Итогом оценки взаимодействия инфраструктуры населенных пунктов (от малых сельских до крупнейших городов) является общая классификация взаимосвязей городских и сельских поселений, зависящих от их соотношения (взаимодействия) с эрозионным рельефом, овражной эрозией и русловыми процессами. Выделяются города и сельские поселения подчиненные, соподчиненные, подчиняющие и подавляющие эрозионный рельеф, реки и русловые процессы. Чем больше город, тем сложнее эти соотношения, и разные районы городов могут относиться к разным типам взаимодействия.

Ключевые слова: овраги, балки, эрозионный рельеф, реки, русловые процессы, города

DOI: 10.31857/S0435428121020048

ВВЕДЕНИЕ

Рельеф – материальная основа территории любых населенных пунктов (НП). От степени его расчленения эрозионными формами и расположения НП на берегах рек зависит формирование их инфраструктуры – рельеф диктует размещение жилых и промышленных объектов, коммуникаций и т.д.

Исторически участки для населенных пунктов (НП) выбирались на высоких берегах рек, которые были ограничены с 2–3 сторон долинами малых рек, балками и оврагами, что обеспечивало защиту поселений и облегчало доступ к главной реке. В пределах Европейской части России только городов в устьях крупных оврагов и овражно-балочных систем (ОБС) – 147. Большинство НП

приурочено к рекам и крупным балкам с постоянным водотоком, т.е. к тем формам рельефа, которые, в первую очередь, могли обеспечить бесперебойное снабжение водой, условия для производственной деятельности и получения энергии удобных транспортных связей и рекреации [1, 2]. Поэтому большинство городов и населенных пунктов находится на берегах рек. 89% всех городов России расположены на одной реке (другие реки в их пределах существенно меньше главной реки), 5% – в уздах слияния равных по водности рек и 1% в устьях рек. Вместе с тем в процессе овражной эрозии и русловых деформаций, характерных для подобных мест, возникает опасность разрушения объектов, вывода их из эксплуатационного состояния, занесения наносами и обмеления акваторий.

С ростом территории, развитием технических и экономических возможностей НП расширялись возможности их воздействия сначала на отдельные элементы, а затем на весь эрозионный рельеф, осуществлялась защита от опасных проявлений эрозии и русловых процессов. На разных стадиях существования НП полностью зависели от рельефа и процессов, подстраивались под них, или преобразовывали рельеф, нейтрализовали неблагоприятное развитие эрозионных и русловых процессов.

Взаимодействие овражно-балочных систем и рек с НП складывается по-разному. Для оврагов и балок их влияние выражается в воздействии эрозионных процессов на инфраструктуру, преобразовании эрозионного рельефа на территории НП. Воздействие рек на инфраструктуру НП связано с переформированием их русел. При этом возможны экстремальные проявления овражной эрозии и русловых деформаций, приводящие к катастрофическим последствиям и чрезвычайным ситуациям.

В зависимости от размеров и эволюции НП изменяется взаимовлияние эрозионно-русловых систем и их инфраструктуры, соответственно меняются условия жизнедеятельности и жизнеобеспечения населения.

СООТНОШЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С ЭРОЗИОННЫМ РЕЛЬЕФОМ И ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИЕЙ

Взаимосвязь инфраструктуры НП, овражно-балочных систем, их планировка, использование или игнорирование особенностей эрозионного рельефа на протяжении веков изменялись. Это было сначала вынужденное подчинение в зависимости от типа и набора эрозионных форм, затем их использование или преобразование в соответствии с хозяйственными нуждами и материально-техническими возможностями. По степени и характеру взаимодействия инфраструктуры НП с эрозионным рельефом или стадии взаимодействия по мере их роста, развития техники и экономических возможностей все поселения можно разделить на четыре типа [3, 4].

I. *Подчиненные эрозионному рельефу* – все элементы инфраструктуры располагаются в зависимости от рельефа, который изначально не преобразовывается или преобразуется минимально по объему и площади. К таким НП относятся сельские поселения с населением до 10 тыс. чел., малые и отчасти средние города (до 100 тыс. чел.). Размеры сооружений меньше или соразмерны оврагам. НП располагаются в пределах одного-двух водосборов оврагов или балок, или основная часть водосбора находится вне их пределов; на развитии НП сказываются процессы на водосбо-

ре, а инфраструктура НП не влияет на них. Борьба с овражной эрозией такие НП не могут из-за недостаточности материальных и технических ресурсов, приходится мириться с оврагообразованием. Застройка территории зависит от параметров водосборов овражно-балочных систем. Например, г. Вольск расположен в пределах водосборов двух овражно-балочных систем, площадь которых больше городской территории (отношение – 1.35). Город пытается “уйти” от зависимости от оврагов и балок, расширяя свою территорию по узкому “коридору” между водосборами за их пределы.

Другой пример – г. Балашов: водосборы овражно-балочных систем располагаются в пределах городской территории. Большая часть инфраструктуры подчинена основным направлениям простираения балок. Площадь водосборов составляет 35% площади города. Днища балок в центральной (исторической) части заняты малоэтажными жилыми домами, которые постоянно испытывают на себе последствия половодий и паводков; в крупных балках на окраине города активные оползневые процессы подвергают сооружения опасности разрушения. Городская инфраструктура подстраивается под эрозионный рельеф, но влияет на процессы она не в состоянии, или ее воздействие минимальное. Только при затухании эрозионных и склоновых процессов инфраструктура города начинает осваивать овражно-балочные системы.

II. *Соподчиненные* – большая часть строений в НП (численность населения – 100–200 тыс. чел.) вписана в эрозионный рельеф. Уже на стадии проектирования объектов и сооружений учитывались его особенности или строительство осуществлялось по исторически сложившимся схемам. Застройка производится, исходя из практических соображений или основываясь на накопленном опыте. Овраги в пределах НП, вне зависимости от причин их образования, частично используются в различных хозяйственных целях или преобразовываются. Размеры сооружений и их комплексы соответствуют линейным размерам оврагов или превышают их.

Такое исторически сложившееся соподчиненное взаимодействие поселения и овражных систем характерно для правобережья Волги. Населенные пункты располагались по бортам оврагов и балок, что повышало обороноспособность при набегах татаро-монгольских полчищ и обеспечивало спуск к реке с высокого берега. Принцип расположения строений по бортам оврагов был частично использован в г. Чебоксары. Первые городские дома располагались на водораздельных поверхностях балок и оврагов, но при последующем росте города улицы прокладывались вдоль малых рек (долины которых являются крупными

древними балками), а овраги разделяли отдельные микрорайоны и кварталы. При регулярности застройки между оврагами и балками четко прослеживается общая секторно-мысовая планировка города, следующая основным направлениям эрозионной сети, и дробление микрорайонов на более мелкие территориальные единицы. При этом центральная планировка, основанная на исторической застройке, резко отличается от планировки новых районов вдоль р. Волги. При всей целостности города он состоит из множества разноразмерных таксонов, находящихся в зависимости от эрозионного рельефа. Площадь водосборов овражно-балочных систем в г. Чебоксары составляет 21% от площади города.

Другой пример – Брянск, исторические районы которого расположены на нагорной части, где наиболее ярко выражено соотношение овражно-балочных систем и инфраструктуры города, прослеживаемое во временном разрезе и при решении современных градостроительных проблем. Основные магистрали города и регулярная планировка кварталов зависят от простирающихся овражно-балочных систем. Группы кварталов вписаны в эрозионный рельеф, обтекают его и располагаются, в основном, в пределах водосборов балок. Активные эрозионные и инженерно-геологические процессы разрушают борта балок и располагающиеся на них постройки. Чем сильнее городская инфраструктура влияет на овражно-балочную систему, тем сильнее ее ответная негативная реакция. Соотношение площадей водосборов овражно-балочных систем и территории нагорной (исторической) части города – 69%.

III. *Подчиняющие эрозионный рельеф* – крупные и крупнейшие города с населением свыше 500 тыс. чел. При сооружении объектов происходит частичное преобразование рельефа на всей территории или на значительной ее части. Элементы инфраструктуры располагаются с учетом особенностей эрозионного рельефа и используют его. Размеры отдельных сооружений равны размерам оврагов, а их комплексы намного превышают отдельные овраги, соответствуя овражным системам. К этой категории относится Нижний Новгород, отличающийся сбалансированной схемой застройки городской территории. В нагорной (исторической) части города мелкие овраги и вершины крупных оврагов и балок засыпаны, в них предусмотрена система дренажа для отвода поверхностных вод. Крупные овраги и балки используются в качестве транспортных артерий. Водосборы овражно-балочных систем практически полностью зависят от условий формирования стока воды в пределах селитебной территории. В результате инфраструктура города определяет активность эрозионных процессов, а овражно-балочные системы не влияют активно на город, став частью его инфраструктуры. В то же время город, используя эрози-

онные формы рельефа, зависит от них. Таким образом, овражно-балочные системы и инфраструктура города находятся в определенном равновесии, которое сложно нарушить.

IV. *Подавляющие эрозионный рельеф* – города или их части, крупные промышленные предприятия, в процессе роста которых или уже на стадии проектирования особенности рельефа не учитываются, и строительство ведется с полным преобразованием территории под нужды застройки. Это – крупнейшие города, занимающие расчлененные территории, которые в своем развитии в течение столетий прошли все стадии взаимодействия с овражной эрозией. Показательный пример – Москва. В первые 200 лет своего существования город был зависим от оврагов, которые ограничивали его развитие. В то же время овраги входили в систему оборонительных сооружений и инфраструктуры, т.е. город их использовал. Таким образом, на первом этапе город был одновременно и подчиненным, и соподчиненным. Второй этап развития города характеризовался сложным типом взаимодействия. К 1650 г. он представлял агломерацию с ядром Белого города и посадов, располагающихся на междуречьях крупных оврагов. Днища оврагов с ручьями запруживали плотинами с мельницами, овраги служили границами между слободами или по ним прокладывали дороги. В этот период городская территория в одних частях была соподчиненной – овраги делили ее на отдельные таксоны, на других – подчиняющей. В это же время в пределах нагорной, сильно расчлененной территории и старой застройки в пределах Садового кольца город стал относиться к подавляющему типу. Были засыпаны и уничтожены многочисленные овраги, о существовании которых напоминает топонимика города (переулок Сивцев вражек и др.).

На третьем этапе, до 1950 г., город развивался в основном на относительно выровненных поверхностях, где не было оврагов, не считая нескольких береговых по левобережью р. Москвы. Они не влияли на инфраструктуру города, но городская застройка практически лишила их водосборов. С выходом городской застройки в 1960-е годы на Теплостанскую возвышенность наступил новый этап взаимодействия овражно-балочных систем с инфраструктурой города, началось тотальное изменение рельефа, выразившееся в уничтожении оврагов и частично малых рек на новых территориях. С этого времени Москва стала городом подавляющего типа не только в своей исторической (центральной) части, но и за ее пределами.

Однако это не означает, что весь огромный город относится к подавляющему типу. Обширные рекреационные зоны в его пределах можно считать нейтральными. В то же время в них иногда вклинивается городская застройка, и тогда их

Таблица 1. Соотношение между площадями овражно-балочных систем ($S_{\text{обс}}$) и городских территорий ($S_{\text{г}}$)

Город	Кол-во овражно-балочных систем	$S_{\text{обс}}/S_{\text{г}}$
Москва (на 1968 г.)	231	0.1
Балашов	21	0.34
Брянск	11	0.12
Волгоград	113	0.32
Вольск	9	1.35
Елабуга	15	0.16
Курск	35	0.31
Нижний Новгород	47	0.05
Саратов	68	0.23
Смоленск	83	0.2
Чебоксары	35	0.21

можно считать соподчиненными, в ряде случаев — подчиненными, а на нагорной части в районе велотрассы Крылатских холмов, даже подчиняющей, поскольку сама трасса проложена, приспособливая и частично изменяя овражно-балочный рельеф.

Аналогичная ситуация складывается и в других городах подавляющего типа — Волгограде, Казани, с тем отличием, что на их территориях в большей мере, чем в Москве, встречаются другие типы соподчинения.

Приведенная типизация относится к взаимодействию овражно-балочных систем и инфраструктуры НП вне зависимости от их площадей, поскольку рассматривается весь город. Но изначально города возводились на возвышенных элементах рельефа, и их территория располагалась на нагорной части, расчлененной оврагами и балками. Со временем территория города увеличивалась за счет распространения его по плакору, либо переходила на прилегающие низины — подолы. В первом случае площадь города — это площадь нагорной части, во втором — площадь нагорной может быть меньше площади подола. Для классификации по условиям взаимодействия овражно-балочных систем и инфраструктуры города это не имеет значения. Но реально взаимодействуют не отдельные формы рельефа и сооружения (или их комплексы), а процессы на балочных водосборах и в оврагах, определяемые, в основном, особенностями формирования стока воды на сельской территории. Отношение площади овражно-балочных систем к площади всего города отражает степень зависимости инфраструктуры от овражно-балочных систем — чем оно меньше, тем

меньше город зависит от эрозионного рельефа (табл. 1).

Отнесение большого по площади города к тому или иному типу взаимодействия носит экспертный характер, поскольку изменения инфраструктуры могут происходить очень быстро и, чем больше НП, тем оно разнообразнее в разных его частях. Поэтому в некоторых случаях тип взаимодействия и взаимовлияния даже для небольших городов определить затруднительно. Например, Елабуга — малый город, но его территория подразделяется на несколько частей, соответствующих разным типам — от подчиненного до подавляющего: 1) исторический центр относится к подавляющему типу — вся сеть улиц представляет прямоугольную сеть, наложенную на эрозионный рельеф; 2) территория сложившейся малоэтажной застройки между оврагами по правому берегу р. Камы, относящаяся к подчиненному типу; 3) гражданская и малоэтажная (дачная) застройка по западной части города — к соподчиненному типу; 4) нейтральная территория без оврагов и балок, находящаяся в пределах пойменно-террасового комплекса р. Камы.

Примеры Москвы и Елабуги показывают, что не всегда можно однозначно отнести город к какому-то одному типу. Это зависит как от площади города, так и от истории его развития и специфики взаимосвязи его инфраструктуры с водосборами овражно-балочных систем. С усложнением инфраструктуры города, которая изменяется быстрее овражно-балочных систем, происходит и усложнение взаимодействия между ними.

Развитие овражной эрозии в НП сопровождается рядом негативных явлений, прямыми, связанными с эрозионной деятельностью временных водотоков, и косвенными — с инженерно-геологическими процессами, сопровождающими или вызванными овражной эрозией (табл. 2). Опасные процессы и их последствия возникают и после затухания собственно овражной эрозии (оползни на бортах оврагов и склонах балок), а также могут быть следствием засыпки оврагов или использования их в качестве транспортных путей, для свалок мусора или отходов коммунального хозяйства. Засыпанные овраги представляют собой “мины замедленного действия”, так как в насыпном грунте развивается суффозия, приводящая иногда к провалам на улицах и обрушению зданий. Засыпка оврагов сопровождается подъемом уровня грунтовых вод и, как следствие, подтоплением подвальных и цокольных этажей зданий.

Таблица 2. Опасность овражной эрозии в зависимости НП от типа соотношения с эрозионным рельефом

Категория поселений		Тип соотношения	Опасные проявления	
			прямые	косвенные
Сельские поселения	Малые	Подчиненные	Расчленение территории, разрушение хозяйственных и жилых строений	Скопление и вынос из оврагов продуктов размыва, мусора, загрязняющих веществ в реки и водоемы, их химическое загрязнение. Оползни по бортам оврагов и на склонах балок
	Средние			
	Большие			
	Крупные			
Города	Малые	Соподчиненные	Разрушение инженерных сооружений, коммуникаций, других элементов инфраструктуры	Подтопление сооружений при засыпке оврагов, ухудшение экологического состояния при складировании мусора и отходов
	Средние			
	Большие	Подчиняющие	Разрушение дренажной системы и коммуникаций в преобразованных оврагах	Развитие опасных инженерно-геологических процессов, общее ухудшение экологического состояния
	Крупные			
	Крупнейшие	Подавляющие	Развитие донных врезов в балках в рекреационных зонах, перестроения водосборов и увеличение стока воды	Разрушение ливневой канализации, формирование подземного стока по засыпанным оврагам, развитие суффозионных процессов и провалов

СООТНОШЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С РЕКАМИ И РУСЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Соотношения рек с инфраструктурой населенных пунктов более многообразны, зависят не только от их размеров, но и от размеров рек и устойчивости русел. Жизнь сельских поселений и малых городов на берегах рек во многом определяется русловыми деформациями, причем обратное воздействие НП на реки отсутствует или минимально, сводится к их защите от неблагоприятных воздействий. Средние и тем более крупнейшие города полностью “поглощают” малые, а на урбанизированных территориях – даже средние реки (пример – г. Москва и Подмосковье), тогда как большие и крупнейшие реки остаются важнейшим условием жизни этих городов. Чем больше река, тем в большей мере ее русло сохраняется в естественном или близком к нему состоянии, подвергаясь лишь некоторым изменениям, подобно малым рекам в селах и малых городах. Но происходящие переформирования русел рек сопровождаются размывами берегов и разрушением находящихся на них объектов, обмелением водозаборов и выпусков сточных вод, судовых ходов, акваторий портов и причалов

вплоть до “ухода” реки от НП. Л.И. Мечников [1, цитируется по изданию 1995 г., с. 335] подчеркивал, что реки, являются “основной причиной зарождения и развития цивилизации”, но “под угрозой неминуемой смерти река-кормилица заставляет население соединять свои усилия на общей работе” [1, с. 358].

Для малых рек полностью применимы подходы к типизации взаимосвязей их русел и русловых процессов с инфраструктурой урбанизированных территорий, которые предложены для овражно-балочных систем и овражной эрозии. Сложнее с типизацией НП по их соотношению со средними, большими и крупнейшими реками, которые по масштабам воздействия на НП соизмеримы или существенно превышают их. В то же время территории городов, располагаясь на берегу или обеих берегах большой реки, включают в себя, или расчленяются средними и малыми реками, русловые процессы которых создают, как и средние и большие реки, опасность для городской инфраструктуры. Так, в г. Рыбинске, наряду с размывами берегов р. Волги и р. Шексны, правый приток Волги – р. Черемуха угрожает размыву улицы и разрушению многоэтажных домов.

Таблица 3. Оценка (в баллах) взаимовлияния русловых процессов и населенных пунктов [5, с изменениями и добавлениями]

Баллы	Влияние русловых процессов на населенные пункты	Влияние населенных пунктов на русла рек
0	Отсутствует	Отсутствует, нейтральное или не проявляется
1	Местные небольшие размывы берегов, заносимость водозабора и водных подходов к причалам, затопление при экстремальных половодьях освоенных участков поймы	Отдельные регуляционные сооружения, водозабор, дноуглубление на перекатах судоходных рек и для обеспечения водных подходов. Набережная в центре города; противопаводковые дамбы; причалы; мостовой переход. Берега частично утратили естественный облик, но русло сохраняет естественное состояние
2	“Уход” реки от города или размывы берегов на значительной части (до 50–60% длины), интенсивные оползневые процессы и оврагообразование на берегах при подмыве, регулярное затопление освоенной поймы	Набережные или берегоукрепление на 20–60% береговой линии, частичный намыв поймы под застройку или ее обвалование; перекрытие поймы подходными дамбами к мостам; выправление русла для судоходства; водозаборы; мостовые и подводные переходы; русловые и пойменные карьеры; перекрытие рукавов, в русле – техногенные отложения. Частичные изменения морфологии русла и нарушения речной экосистемы
3	Размывы берегов на протяжении более 60% их длины, приводящие к отдельным разрушениям; нарушения работы водозаборов и водовыпусков из-за их заносимости. Просадка уровней как следствие карьерных разработок и размывов русла в нижних бьефах гидроузлов	Сплошные набережные и берегоукрепление, массовые русловые карьеры, утрата рекой рекреационных качеств, загрязнение донных отложений, водозаборы и водовыпуски, мостовые и подводные переходы; выборочное выправление русла, дноуглубительные прорезы, канализирование малых рек. Частичная утрата руслом реки естественного облика
4	Сплошной размыв берегов, иногда экстремальный, с разрушением улиц, зданий, коммуникаций; заиление и занесение наносами водных подходов вплоть до вывода из строя водозаборов и водовыпусков, уничтожение пляжей и других мест рекреации; подмостовые размывы, приводящие к аварийной ситуации; обрывы подводных переходов через реки из-за размывов русла; катастрофические просадки уровней воды; “уход” реки от города	Полное канализирование русла, заключение малых рек в трубы, сплошное расположение инженерных сооружений по берегам, многочисленные мостовые и подводные переходы; противопаводковые дамбы; выправительные сооружения; плотины, регулирующие сток; накопления техногенных илов, городская и промышленная застройка поймы, ее обвалование или намыв; русловые и пойменные карьеры; капитальные дноуглубительные прорезы. Полная ликвидация речной экосистемы, распространение влияния города вниз по течению

Города и населенные пункты, эксплуатируя протекающие через или возле них реки, используя водные ресурсы, возводя на берегах различные инженерные сооружения, прокладывая вдоль и через реки коммуникации, создавая возле рек городскую среду и, наконец, защищая себя от опасных проявлений русловых и гидрологических процессов (размывов берегов, наводнений) в об-

ратной связи воздействуют на реки, изменяют или создают новые условия, в которых формируются русла, развиваются русловые процессы (табл. 3). Степень создаваемой русловыми процессами опасности и измененности русел под влиянием урбанизации оценивается в баллах по пятибалльной шкале – от 0 до 4 [5, 6] независимо от размеров и НП, и рек.

Сочетание баллов опасности русловых процессов, с одной стороны, и мощности воздействия на них инфраструктуры НП, с другой, позволяет классифицировать их, подобно типизации поселений, в зависимости от взаимодействия с овражно-балочными системами [4], хотя и с некоторыми отличиями: здесь речь идет о процессах, воздействующих на НП, тогда как для овражно-балочных на первый план выдвигаются созданные процессами формы рельефа. Можно также говорить о НП, нейтральных по отношению к русловым процессам и практически не влияющих на них. К таковым относятся НП на реках с устойчивыми, практически недеформируемыми руслами или на коренных неразмываемых берегах. Выделяются следующие типы соотношений городов и сельских поселений с русловыми процессами: I — *подчиненные рекам*, т.е. полностью зависящими от речной сети и русловых деформаций в пределах поселений и оказывающие на русла рек минимальное воздействие; II — *соподчинение с реками*, в которых при проведении застройки, возведении и устройстве защитных и регуляционных сооружений, набережных и рекреационных зон учитывают опасность и режим русловых деформации, но в то же время повышенная техногенная нагрузка в значительной мере изменила естественный русловой режим рек; к этой же категории, очевидно, относится опасность “ухода” реки от города (населенного пункта); III — *подчиняющие речную сеть*, в которых даже крупнейшие реки в той или иной мере оказываются приспособленными к потребностям города, хотя в основном сохраняют естественный облик, тогда как малые реки полностью или частично деградируют, искусственно уничтожаются; к этой категории относятся только большие крупные и крупнейшие города; IV — *подавляющие реки*; это — большие и крупнейшие города, где опасность русловых процессов проявляется только со стороны больших и крупнейших рек и которые могут сохранить естественный русловой режим; все же остальные реки, а их может быть достаточно много, оказываются полностью искусственно измененными.

Пример сельского поселения *подчиненного* типа — поселок Высокий Мыс на левом вогнутом берегу средней Оби, расположенный на террасе, сложенной легко размываемыми песками, суглинками. В первой половине XX века берег еще не размывался. Продольное смещение излучины привело к тому, что фронт размыва берега сместился к поселению. При скорости размыва 5–7 м/год это создает реальную угрозу разрушения строения на берегу. В перспективе дальнейшее смещение излучины приведет к прекращению размыва, но это можно ожидать через 50–70 лет. За это время будет уничтожена значительная часть поселения, под угрозой разрушения окажется историче-

ская его часть, созданная при освоении Приобья в XVII веке.

Якутск — большой город на крупнейшей р. Лене, тоже подчиненного типа, под влиянием естественных русловых переформирований русла оказался в сложной водохозяйственной ситуации [7]. Город был основан и развивался на левом берегу Городской протоки, еще в первую четверть XX века бывшей основным судоходным рукавом. Сейчас это маловодная пойменная протока. Лишь нижняя (по течению) часть города находится возле сохраняющегося пока многоводным левым рукава (Адамовской протоки), который за последние 50 лет утратил свое значение основного рукава (его водность поддерживается разработкой прорезей для обеспечения работы водозабора и подходов к порту). Общая тенденция смещения реки в направлении правого берега, смещение вниз по течению основных островных массивов, изменение морфодинамического типа русла (сопряженных разветвлений на параллельно-рукавные) и наблюдаемое оттаивание в русле многолетнемерзлых грунтов, в обозримом будущем может привести к окончательному “уходу” реки от города. Таким образом, Якутск — большой город на крупнейшей реке, зависящий от переформирования ее русла, но оказывающий на ее русловой режим лишь незначительное воздействие. В аналогичной ситуации находятся Сыктывкар — большой город на р. Вычегде, Колпашево (малый город) на р. Оби, с. Вернее Катунское на р. Катунь.

Сольвычегодск на р. Вычегде — пример малого города, *соподчиненного с рекой*; его историко-архитектурные памятники оказались под угрозой разрушения из-за развития излучины русла. Для защиты города еще в конце XIX — начале XX веков предпринимались меры по берегоукреплению, а в 1970–1980-е годы был разработан и реализован проект спрямления излучины; вогнутость правого берега была перекрыта дамбой из каменной наброски, а акватория между ней и берегом заполнена намывным грунтом. В результате угроза разрушения была ликвидирована, а по правобережью создана рекреационная парковая зона.

Барнаул на Оби — крупный город на большой реке, расположенный на ее левом высоком берегу. Несмотря на многочисленность различных объектов хозяйственной деятельности, р. Обь сохранила свой естественный облик. Обратное воздействие русловых процессов на город сравнительно невелико, хотя для обеспечения работы городского водозабора и защиты опор ЛЭП от размыва выполнено сплошное укрепление вогнутого правого берега, а при строительстве автомобильного моста перекрыт глухой дамбой правый рукав, бывший еще в середине XX века судоходным и забирающий 30% расхода воды. Это приве-

ло к активизации русловых деформаций, обмелению акватории речного вокзала и активизации размыва берегов. Правобережная широкая пойма сверху и снизу перекрыта глухими подъездными дамбами к мостовым переходам, что способствовало сосредоточению потока половодья в русле, его размывам и заболачиванию поймы, привело к утрате ею рекреационных качеств.

К типу *подчиняющихся* относится г. Новосибирск на Оби – крупнейший город на большой реке, дающий пример наибольшего воздействия на русла рек. Он расположен в нижнем бьефе гидроузла, на обоих берегах реки; город полностью освоил неширокую пойму; через реку проложены автомобильные и железнодорожные мосты, метро; берега частично превращены в набережные; в русле велась разработка карьеров и проводятся дноуглубительные работы на перекатах; на реке находятся порт, речной вокзал, водозаборы и множество других сооружений. Все это привело к тому, что русло от плотины на расстоянии более 30 км практически утратило естественный облик. В то же время обратное воздействие русловых процессов на городское хозяйство сравнительно невелико. Основным является “посадка” уровней воды в связи с размывами русла в нижнем бьефе ГЭС; и, хотя в пределах города они прекратились, но распространяясь вниз по течению, продолжают сказываться в понижении уровней (1 см в год) [8]. Аналогичные изменения русла и обратные воздействия реки на город характерны для р. Енисей у Красноярска, р. Ангары у Иркутска, на р. Томи у Томска.

На территории всех упомянутых городов, расположенных на больших и крупнейших реках, протекают малые реки, гидрологической и русловой режим которых, как и их морфологический облик, полностью изменены; во многих случаях они превращены в сточные каналы. Лишь в последние 20–30 лет в некоторых городах их стали реконструировать (р. Барнаулка в Барнауле, р. Ушайка в Томске, р. Омь в Омске).

К типу *подавляющих* относятся крупнейшие города России – Москва и Санкт-Петербург. В Москве главная река – Москва, на всей территории города зарегулирована, ее берега, как и берега основного притока – р. Яузы, превращены в гранитные или бетонные набережные. Большинство малых рек и ручьев исчезло, будучи забранными в трубы или засыпанными [9]. Лишь по периферии “старой” Москвы они сохранили внешне естественный облик, но их русловой режим полностью изменен под влиянием города (Лихоборка, Сетунь, Раменка и др.). В Санкт-Петербурге, расположенном в дельте р. Невы и на ее притловом участке, главная река и все дельтовые рукава также “убраны” в гранитные берега, а русловой режим малых рек – притоков Невы, трансформи-

рован городским хозяйством и градостроительством.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Овражно-балочные системы и речные русла, овражная эрозия и русловые процессы являются звеньями эрозионно-русловых систем [10], размывающих рельеф селитебных территорий, размывающих берега и разрушающих объекты, приводящие к обмелению речных акваторий и создающих неблагоприятную экологическую обстановку в населенных пунктах – от деревни до большого города, в том числе из-за создаваемой овражной эрозией и русловыми деформациями опасности для жизнедеятельности людей. От того, насколько правильно выбрана территория для поселения, рационально используются особенности эрозионного рельефа, учитываются русловые процессы и вероятность оврагообразования, зависит его устойчивость. Овражно-балочные системы и реки находятся в неразрывной связи. В зависимости от размеров населенного пункта и его развития взаимосвязь видоизменяется. Подмывы высоких берегов провоцируют образование оврагов, которое прекращается, если русло отходит от берега или регулируется гидротехническими мероприятиями. Выносы грунта из оврагов и балок отесняют речной поток от одного берега и, изменяя положение стрежневой зоны потока, влияют на состояние судового хода, способствуют размывам противоположных берегов, вызывают разрушения в заречных частях городов [11].

Итогом оценки взаимодействия инфраструктуры населенных пунктов (от малых сельских до крупнейших городов) является общая классификация городских и сельских поселений в зависимости от их соотношений (взаимовлияния) с эрозионным рельефом, овражной эрозией и русловыми процессами (табл. 4).

В овражно-балочных системах важнейшим фактором является взаимодействие процессов, происходящих на их водосборах, с территорией поселений. От пространственного положения и площади водосборов относительно населенного пункта зависит уровень взаимовлияния. Также обоюдно влияние НП на малые реки, особенно если большая часть их бассейна располагается в пределах городской территории.

Чем больше река и меньше НП, тем в большей мере их функционирование зависит от русловых деформаций. Для малых сел и деревень даже ручьи вызывают локальные неблагоприятные явления, но сами они могут быть подвержены заметным изменениям. Влияние больших рек на большие и крупнейшие города очень разнообразно и может быть весьма существенным. В свою очередь города оказывают постоянное воздействие на русла рек, регулируя их для обеспечения бес-

Таблица 4. Классификация городов и сельских поселений (М – малые, С – средние, Б – большие, К – крупные) в зависимости от типа их соотношений с эрозионным рельефом, овражной эрозией и русловыми процессами

Категория поселений		Тип поселений	Овражная эрозия	Русловые процессы
Сельские	К Б С М	Подчиненные	Все элементы инфраструктуры располагаются в зависимости от типа и форм эрозионного рельефа; городская инфраструктура подстраивается под него, не оказывая влияния, или оно минимальное. Овражная эрозия создает опасность разрушения строений и коммуникаций	Полностью зависят от речной сети и русловых деформаций; оказывают на русла рек минимальное воздействие
	Малые			
Города	Средние	Соподчиненные	Большая часть строений в НП вписана в рельеф; на стадии проектирования сооружений учтены особенности рельефа, или строительство осуществляется по исторически сложившимся схемам	Застройка, защитные и регуляционные сооружения, набережные и рекреационные зоны учитывают опасность и русловые деформации, повышенная техногенная нагрузка в значительной мере изменяет русловой режим; возможен “уход” большой реки от города, размывы берегов на малых реках
	Большие			
	Крупные	Подчиняющие	Элементы инфраструктуры располагаются с учетом особенностей эрозионного рельефа и используют его	В той или иной мере приспособлены к потребностям города, хотя сохраняют естественный облик, малые реки полностью или частично деградируют или канализованы
	Крупнейшие	Подавляющие	В процессе роста или на стадии проектирования населенных пунктов особенности эрозионного рельефа не учитываются, строительство ведется с полным преобразованием территории под нужды застройки, овражно-балочная сеть ликвидируется или используется для коммуникаций и рекреационных зон	Опасность русловых процессов проявляется только со стороны больших и крупнейших рек, которые могут сохранить естественный русловой режим; остальные реки, в том числе средние искусственно изменены, канализованы, малые убраны в коллекторы или засыпаны

перебойного функционирования объектов водного хозяйства, водных путей, подходов к портам и причалам, защиты берегов от размыва и т.д. Однако во многих случаях эти воздействия по своим масштабам уступают размерам рек, и реки сохраняют свой естественный облик.

Особенность городов – одновременное проявление нескольких, а в больших и крупнейших городах – всех видов соотношений их взаимодействия с реками и овражно-балочным рельефом. Чем больше города, тем более разнообразны и многочисленнее различные формы соотношений города и эрозионно-русловых систем. При этом большие города по отношению к оврагам, балкам, малым и даже средним рекам находятся в неодинаковых условиях в центральных и окраинных своих частях – районах: если в первых малые реки могут быть убраны в коллекторы, овраги засыпаны и прекратили свое существование, то по периферии они сохраняются в естественном или близком к нему состоянии. При этом в последнее

время существует тенденция расширения территории городов на пойменные заречные части, что может привести к усилению влияния русловых процессов на городскую инфраструктуру.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выполнено по госзаданию НИЛаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккаеева географического ф-та МГУ № АААА-А16-116032810084-0 (овражная эрозия и овражно-балочные системы) при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00487 (русловые процессы, их опасность и чрезвычайные ситуации в городах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мечников И.И. Цивилизация и великие исторические реки. М.: Голос труда, 1924 (М.: Прогресс-Пангея, 1995. 464 с).
2. Город – экосистема. М.: Медиа-ПРЕСС, 1997. 250 с.

3. Ковалев С.Н. Города и овраги – история и современность. М.: ПринтКоВ, 2019. 186 с.
4. Ковалев С.Н. Овражно-балочные системы в городах. М.: ПринтКоВ, 2011. 138 с.
5. Зорина Е.Ф., Ковалев С.Н., Рулева С.Н., Чалов Р.С. Опасности проявления процессов, обусловленных поверхностными водами, на урбанизированных территориях // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 17. М.: Изд-во МГУ, 2010. С. 71–94.
6. Чалов Р.С., Зорина Е.Ф., Ковалев С.Н., Рулёва С.Н. Оценка опасности овражной эрозии и русловых процессов на урбанизированных территориях и методы их прогнозирования // Эрозионные и русловые процессы. Вып. 7. М.: Изд-во МГУ, 2020. С. 112–144.
7. Чалов Р.С., Завадский А.С., Ботавин Д.В., Головлёв П.П., Морозова Е.А., Сурков В.В. Покровско-Якутский водный узел на р. Лене: современные деформации и управление русловыми процессами // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 6. С. 83–96.
8. Беркович К.М. Русловые процессы в сфере влияния водохранилищ. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2012. 163 с.
9. Румянцев И.С. Страницы истории российской гидротехники. М.: МГУП, 1999. 211 с.
10. Эрозионно-русловые системы. М.: Инфра-М, 2017. 702 с.
11. География овражной эрозии М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.

Types of relations between populated areas infrastructure and catchment erosion-fluvial systems

S. N. Kovalev^{a,#} and R. S. Chalov^{a,##}

^a Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

[#]E-mail: kovalevsn@mail.ru

^{##}E-mail: rschalov@mail.ru

The results of studies of relationship between populated areas infrastructure (rural and urban) and erosional relief, gully erosion and channel processes are generalized. The formation of infrastructure and living conditions of the population depend on the degree of territory dissection by ravine-gully and river network, location of settlements on river banks – from small to the largest. Most of the settlements are confined to rivers and large gullies with a permanent watercourse, because these landforms supply water, ideal for industry development, energy production and transportation. At the same time, gully erosion and channel migration create certain risks for disfunction or destruction of operating facilities. With the growth of settlements and development of their technical and economic potential, the impact on certain elements and on the entire erosional relief is expanding, and the protection from hazardous gully erosion and channel processes is necessary. At different stages of their existence, settlements may completely depend on the relief, adjust to or transform erosion and channel processes, neutralizing their negative impact on human activities. Sustainable development of settlements depends on adequate choice of the territory, rational use of the erosional relief features, and accounting for probability of changes in the course of channels and gully formation. The study present the assessment and general classification of relationship of urban and rural settlements infrastructure (from small rural to the largest cities) with erosional relief, gully erosion and channel processes. Cities and rural settlements, subordinated to or suppressing erosional relief, rivers and channel processes are distinguished. The larger the city, the more complex these relationships are. Within the large city, different areas may refer to different types of interaction.

Keywords: gully, ravine, erosion relief, rivers, channel processes, cities

ACKNOWLEDGEMENT

The study is supported by the plan of the Research Laboratory of soil erosion and channel processes of the Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography No. AAAA-A16-116032810084-0 (gully erosion and ravine-gully systems) and funded by the Russian Fund of Basic Research, project No. 18-05-00487 (channel processes, hazards and emergencies in populated areas).

REFERENCES

1. Mechnikov I.I. *Tsivilizatsiya i velikie istoricheskie reki* (Civilization and the great historical rivers). М.: Golos truda (Publ.), 1924 (M.: Progress-Pangeya (Publ.), 1995. 464 p). (in Russ.)
2. *Gorod – ekosistema* (City – ecosystem). М.: Media-PRESS (Publ.), 250 p. (in Russ.)
3. Kovalev S.N. *Goroda i ovrage – istoriya i sovremennost'* (Cities and gullies – history and present time state). М.: PrintKoV (Publ.), 2019. 186 p. (in Russ.)
4. Kovalev S.N. *Ovrazhno-balochnye sistemy v gorodakh* (Ravine-gully systems in cities). М.: PrintKoV (Publ.), 2011. 138 p. (in Russ.)
5. Zorina E.F., Kovalev S.N., Ruleva S.N., and Chalov R.S. *Opasnosti proyavleniya protsessov, obuslovlennykh povverkhnostnyimi vodami, na urbanizirovannykh territoriyakh* (Danger of manifestation of processes, conditioned by surface waters, on urbanized territories). М.: PrintKoV (Publ.), 2019. 186 p. (in Russ.)

- yakh* (Hazard manifestations of processes caused by surface waters in urbanized areas). *Eroziya pochv i ruslovye protsessy*. Vyp. 17. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 2010. P. 71–94. (in Russ.)
6. Chalov R.S., Zorina E.F., Kovalev S.N., and Ruleva S.N. *Otsenka opasnosti ovrzhnoi erozii i ruslovykh protsessov na urbanizirovannykh territoriyakh i metody ikh prognozirovaniya* (Assessment of gully erosion hazard and channel processes in urbanized areas and methods for their forecasting). *Eroziionnye i ruslovye protsessy*. Vyp. 7. M.: MGU (Publ.), 2020. P. 112–144. (in Russ.)
 7. Chalov R.S., Zavadskii A.S., Botavin D.V., Golovlev P.P., Morozova E.A., and Surkov V.V. *Pokrovsko-Yakutskii vodnyi uzel na r. Lene: sovremennye deformatsii i upravlenie ruslovymi protsessami* (Pokrovsko-Yakutsky Reach of the Lena River: Transformation of Complex Conjugated Channel, Recent Deformations and Management of Channel Changes). *Izv. RAN. Ser. geogr.* 2019. No. 6. P. 83–96. (in Russ.)
 8. Berkovich K.M. *Ruslovye protsessy v sfere vliyaniya vodokhranilishch* (Riverbed processes in Rivers influenced by Reservoirs). M.: Geogr. f-t MGU (Publ.), 2012. 163 p. (in Russ.)
 9. Rumyantsev I.S. *Stranitsy istorii rossiiskoi gidrotekhniki* (The history of Russian hydraulic engineering). M.: MGUP (Publ.), 1999. 211 p. (in Russ.)
 10. *Eroziionno-ruslovye sistemy*. (Catchment erosion-fluvial systems). M.: Infra-M (Publ.), 2017. 702 p. (in Russ.)
 11. *Geografiya ovrzhnoi erozii* (Geography of gully erosion). M.: Izd-vo MGU (Publ.), 2006. 324 p. (in Russ.)