

УДК 911.8, 911.9, 551.4.08

С.И. Болысов¹, С.В. Харченко²

ГОРОДСКОЙ РЕЛЬЕФ КАК ФАКТОР КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Рассмотрено влияние рельефа городских территорий на комфортность проживания в городе. Описаны основные «направления» воздействия рельефа на различные аспекты экологической обстановки в городах и комфортности жизни – опасные и неблагоприятные геолого-геоморфологические процессы; геоморфологическая обусловленность инсоляции городской застройки, проветриваемости кварталов, распространения шума, а также роль рельефа и его изменений в формировании поверхностного стока с городских территорий, размещении элементов экологического каркаса. Предложено определение геоморфологической комфортности.

Ключевые слова: городской рельеф, комфортность проживания, инсоляция, ветровая обстановка, зашумленность, поверхностный сток, экологический каркас.

Введение. В связи с нарастанием проблемы экологически неблагоприятных явлений в городах перед специалистами разных научных направлений стоит задача конструирования комфортной экологической среды, имеющей заданные параметры. Ландшафт в городах перестроен не тотально – немалая часть территории полностью видоизменена непосредственным воздействием человека, но прочая часть – условно-природная – лишь в некоторой степени подстроилась к изменениям. Задача прогнозирования здесь (как предшественница «конструирования») тесно связана с задачей моделирования с разными входными данными – современная структура и состояние ландшафтов, их прошлые состояния и возможная планируемая структура.

Весомую роль в формировании современных городских ландшафтов, истории и перспективах их развития играют рельеф и его изменения, влияющие на комфортность или дискомфортность условий жизнедеятельности горожан. Мы стремились показать те стороны комфортности жизни, на которых в значительной степени сказываются топографические и геоморфологические особенности городских территорий и, следовательно, скажется и их перестройка.

Следуя известному закону Б. Коммонера «Все связано со всем» («Everything is connected to everything else» [Commoner, 1971, p. 16]), отыскивать «геоморфологический сигнал» в распределении разных объектов и полей в городе можно долго. На наш взгляд, необходимо описать именно те «сюжеты», в которых рельеф является *непосредственным* условием или фактором формирования среды. С этим ограничением перечень аспектов влияния рельефа на среду достаточно обширен. Рассматриваемый круг вопросов очертим следующими проблемами: геоморфологические опасности; влияние геоморфологической позиции на инсоляцию кварталов и по-

мещений, на распределение ветровых потоков в городе; трансформация поверхностного стока с городских территорий в связи с преобразованием рельефа; влияние рельефа на шумовое загрязнение при распространении шумов в атмосфере; значение геоморфологического фактора в формировании «зеленого каркаса» городской среды.

Рельеф редко выступает в качестве определяющего фактора протекания ветровых процессов или, например, вибрации воздуха – шума, но геоморфологическое строение места накладывает на все эти процессы свой отпечаток. Влияние рельефа на них может измеряться несколькими процентами, а может достигать нескольких десятков процентов, если говорить об отклонениях параметров среды от тех значений, которые можно было бы регистрировать на субгоризонтальной поверхности. Для задачи моделирования и тонкого конструирования среды (обозначенной выше) вклад в несколько процентов – весьма существен и должен быть учтен.

Самые ранние упоминания почти всех перечисленных проблем можно найти еще в работах античных и средневековых архитекторов (Витрувий, Л.-Б. Альберти, А. Палладио), врачей (Гиппократ, Авиценна), географов (Геродот), историков (Тит Ливий). Естественно, эти упоминания носили почти исключительно описательный характер. Пожалуй, не затронутой долгое время оставалась только проблема уличного шума. Тем не менее даже сегодня нет системного понимания вклада рельефа в комфортность проживания, хотя существует немало работ [Лопатина, Назаревский, 1972; Андреев, 2013; Глебова, 2011; Добрынина и др., 2013; Епринцев, Архипова и др., 2012], посвященных частным аспектам комфортности (в основном безотносительно рельефа). Обычно общую комфортность проживания выражают суммированием взвешенных балльных оценок ее различных аспектов [Андреев, 2013; Са-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: sibol1954@bk.ru

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт экологии и природопользования, кафедра ландшафтной экологии, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: xar4enkkoff@rambler.ru

лякин и др., 2010; Стулышапку, 2006]. Довольно редко «вес» каждого аспекта как-то обоснован. Мы не стремились сопоставить разные стороны геоморфологической комфортности между собой по степени их важности, а лишь хотели указать на характерные влияния рельефа на самоощущение человека в городской среде.

Трудов, посвященных проблеме опасных и неблагоприятных геоморфологических процессов (в том числе в городах), немало. Мы хотели показать роль опасных процессов только в приложении к комфортности жизни, в таком аспекте вопрос менее изучен. Отметим наиболее знаковые труды, где опасные изменения рельефа рассмотрены как условие устойчивого существования городов в целом: монографии и статьи геологов Г.Л. Коффа [Кофф и др., 1997], В.И. Осипова [Москва..., 1997; Опасные..., 1999], О.П. Медведева [Москва..., 1997], Ф.В. Котлова [Котлов, 1978] и др., работы географов Ю.Г. Симонова [Симонов, Кружалин и др., 1993], Т.Ю. Симоновой, Э.А. Лихачевой и др. [Город-экосистема, 1997; Кофф и др., 1997; Рельеф..., 2002]. Во многом интерес к относительно молодому научному направлению – геоморфологии городских территорий – связан именно с работой этих исследователей.

Вопросами инсоляции кварталов в условиях расчлененного рельефа занимались немногие специалисты, в основном архитекторы [Блази, 2005; СП..., 2011], но затрагивали их и геоморфологи [Город-экосистема, 1997; Симонов, Кружалин и др., 1993]. За рубежом эта тема почти не развита, что определено отличиями в отечественном и зарубежных подходах к нормированию гигиены света. В то же время инженерная проблема тесно связана с моделированием освещенности склонов, а эти вопросы разработаны хорошо [Кондратьев и др., 1978; Badesku, 2008].

Влияние рельефа на дистрибуцию ветра затрагивалось в упомянутых уже работах географов [Город-экосистема, 1997], но в большей степени этой теме посвящены исследования градостроителей и инженеров [Лифанов и др., 1998; Рэттер, 1984; Себровский, 1971] в разных отраслях (и больше всего, в ветроэнергетике [Ветроэнергетика, 1982]).

Трансформация поверхностного стока с городских территорий изучалась для разных городов, как правило, при проектировании ливневой канализации. Все работы можно разделить на две группы: 1) посвященные изменению физических и химических характеристик стока; 2) касающиеся пространственных изменений географии стока, соотношения поверхностного и подземного стока по территории. Вторая задача больше связана с рельефом и его трансформацией и рассматривалась геоморфологами [Симонов и др., 1993].

Слабо разработан вопрос о влиянии рельефа на распространение звуков в приземном слое атмосферы. Но и по этой проблеме есть единичные работы как отечественных [Сенюшенкова, 2008, 2011], так и зарубежных специалистов [Nega et al., 2013; Rasmussen, 1982, 1985; Van Renterghem, 2007].

Работ, где описаны возможности учета геоморфологического строения территории в создании эффективного экологического каркаса, тоже немного. Отметим работы А.А. Лукашова [Лукашов, 2012], С.Ю. Самсоновой [Самсонова и др., 2013], характеризующие те возможности, которые дает учет особенностей рельефа для обеспечения устойчивого функционирования городских ООПТ и зеленых зон вообще.

Материалы и методы исследований. Рассматривая комплексное описание основных аспектов комфортности жизни в городе в связи с рельефом, мы осознали разную степень разработанности проблемы в целом. Описание исходных материалов и методов их обработки касается в основном наших данных об инсоляции, ветре, шуме, геоморфологических опасностях; характеристика других аспектов базируется преимущественно на опубликованных материалах.

Описываемые в работе закономерности выявлены преимущественно в ходе эколого-геоморфологических исследований крупнейших городов Черноземья (Воронеж, Липецк, Курск, Белгород и Тамбов) и Москвы. Опубликованные работы дают еще серии примеров для других городов России и мира. Поэтому в статье сделана попытка охарактеризовать общие закономерности (по крайней мере для городов на равнинах).

Сведения о морфометрии территорий базируются на данных SRTM; топографических картах и планах (масштаб до 1:500); ЦМР (цифровых моделях рельефа), построенных по стереопарам высокодетаальных космоснимков Ikonos. Информация о современной застройке (и «архитектурном рельефе» соответственно) и землепользовании в городах получена с топографических планов, из базы OpenStreetMap, с генеральных планов и схем градостроительного зонирования. Некоторые материалы, касающиеся климата городов, получены в архивах Росгидромета. Речь здесь идет прежде всего о характеристиках ветрового климата городов, взятых из метеорологических ежемесячников и ежегодников. Сведения о номенклатуре, интенсивности и следствиях опасных геоморфологических явлений в исследованных городах получены в ходе полевых маршрутов и при работе в территориальных отделениях Росгеолфонда, а также из исторических документов.

Для разных городов перечень и полнота материалов были неодинаковы, соответственно, менялся и спектр применяемых методов. Среди ключевых методов назовем прежде всего компьютерное моделирование экологических параметров и подготовку для него цифровых моделей рельефа необходимой точности. При обработке неравномерно распределенных географических полей – отметок высоты, скорости и направления ветра, инсоляции – применялись методы математической статистики. Выполнены наблюдения в полевых маршрутах, привлечены и фондовые материалы. Кроме того, часть расчетов – результат картометрического анализа. Недостающий фактический материал почерпнут из опубликованных источников.

Результаты исследований и их обсуждение. Опасные и неблагоприятные геоморфологические процессы и комфортность проживания. Сам факт протекания опасных процессов в городской черте, информированность горожан о реальной (даже и небольшой) степени риска существенно снижают общую комфортность проживания в городе. Так, например, в опросах жителей центральной части Воронежа мы отмечали случаи обеспокоенности проблемой оползней. Характерно, что эта обеспокоенность была вызвана новостями в СМИ о реконструкции в центральной части города противооползневой опояски в основании эрозионного уступа в долине р. Воронеж. В г. Сочи, известном повышенной оползневой опасностью, в рекламных объявлениях о продаже земельных участков содержится информация об оползневой безопасности, что существенно влияет на стоимость земли. Аналогичные дополнения о «геоморфологической» безопасности места авторы встречали и в объявлениях о продаже земельных участков жителями Республики Крым. Подобных примеров множество.

На комфортность жизни влияет, естественно, не только понимание степени угрозы, но и непосредственное, «бытовое» столкновение с тем или иным неблагоприятным, а порой и опасным геоморфологическим процессом.

Рельеф и инсоляционные условия застройки. В принятой в нашей стране практике проектирования кварталов минимальное расстояние между жилыми зданиями жестко лимитировано пожарными и инсоляционными нормами [СП..., 2011]. Проблемы освещенности городских кварталов с метеорологических позиций наиболее полно рассмотрены в недавней работе О.А. Шиловцевой [2013].

Вся территория России делится на три зоны освещенности: северную, центральную и южную. Для каждой зоны регламентирована минимальная продолжительность поступления прямых солнечных лучей в оконные проемы квартир. В районах с горным и гористым рельефом специфика морфологии участка под застройку не может не учитываться, но на невысоких равнинах про рельеф часто забывают, хотя уже начиная с нескольких градусов наклона поверхности относительно субгоризонтальной меняется ход разворачивания конверта тени (фигура, которую описывает тень от объекта в течение дня). И на первых этажах отдельных зданий, находящихся ниже по склону северной экспозиции от других зданий, не всегда обеспечена минимальная продолжительность освещения.

Изменение минимального расстояния между зданиями влияет и на максимально возможную плотность застройки. Даже для равнинных городов с относительно небольшими перепадами высот рельеф вносит отклонения в показатель потенциальной плотности застройки – эти изменения измеряются несколькими процентами от номинальной плотности.

Так, по полученным ранее данным [Харченко, 2013] для центральных частей городов Курск и Там-

бов максимально допустимая плотность реальной застройки на деле может отклоняться на $\pm 5\%$ от запроектированной без учета рельефа максимальной допустимой плотности.

Аэрация городов в связи с геоморфологическим строением территории. Наиболее актуально исследование воздействия рельефа на аэрацию именно для городских территорий, так как, во-первых, ветер здесь играет роль перераспределителя массы газообразных выбросов предприятий и автотранспорта, а во-вторых, именно здесь морфология твердой земной поверхности часто подчеркнута (а иногда затушевана) и канализирована архитектурными сооружениями.

По словам известного специалиста в экологии градостроительства И.М. Сенюшенковой: «...практика проектирования и строительства городов на сложном рельефе показывает, что часты случаи... недоучета микроклиматических факторов, приводящих к большому количеству дискомфортных условий» [Сенюшенкова, 2011, с. 8].

Большой вклад в развитие учения об аэрации городов на сложном рельефе внесли работы исследователей школы челябинского архитектора Ф.Л. Серебровского [Серебровский, 1971]. Основа дифференциации города на зоны с повышенной или пониженной скоростью ветра – морфология рельефа городской территории. Топографическая карта разбивается на квадраты, каждому из которых в зависимости от морфографии и ориентировки форм, перепада высот и экспозиции склонов присваивается табличное значение, характеризующее геоморфологический фактор ветрового микроклимата в окрестности заданного квадрата. Аналогичные подходы использовались в США еще в начале XX в. при планировании некоторых городов на восточном побережье. Так, известен пример г. Уорчестер (Массачусетс), который в 1922 г. в соответствии с законом о зонировании состоял из четырех зон с разными типами микроклимата и, следовательно, с относительно разной пригодностью для использования их под жилую застройку. Это зонирование проводилось на основе крупномасштабной топографической карты города. Было определено, что наиболее комфортны для жизни участки, выходящие на юго-восток на среднем уровне склонов, затем следовали участки, выходящие на юго-запад на среднем уровне склонов и на вершинах холмов. Наименее комфортными были признаны «участки, выходящие на северо-западные или северные склоны и расположенные на дне долин, где зимой скапливаются массы холодного воздуха» [Brookes, 1923, p. 83–86].

Если строение земной поверхности почти не влияет на макроклимат (влияет только мега- и макрорельеф), то на уровне мезо- и микроклимата оно сказывается вполне отчетливо. Учитывая, что подавляющая часть городов расположена на берегах крупных рек, преобладающими формами мезорельефа в большинстве равнинных городов нашей страны являются речные долины, малые эрозионные формы и рельеф тех поверхностей, в которые вре-

заны эрозионные формы. Чаще всего это увалистые или холмистые равнины разного генезиса либо выровненные платообразные поверхности. Если долинная сеть ориентирована так, что она способствует «набеганию» ветрового потока на город, то по долинам отмечается стабилизация направлений ветра и увеличение его скорости. Если же ситуация противоположная, будет наблюдаться застойный режим аэрации, что отмечено во многих промышленных городах Сибири, например в Новокузнецке [Серебровский, 1971, с. 11]. В первом случае часты экстремальные показатели скорости ветров, резко снижающие микроклиматическую комфортность пешеходов, во втором случае затруднено рассеяние вредных выбросов предприятий.

К отрицательным формам мезорельефа, оказывающим аналогичное действие, можно отнести и так называемые городские каньоны – понижения улиц, окруженные с двух сторон многоэтажной застройкой. Яркий пример «морфологического» подхода к изучению мезо- и микроклиматической роли городских каньонов (моделирование влияния архитектурного «рельефа» на поля ветра и температуры) – недавняя работа [Samsonov et al., 2015]).

Роль рельефа в формировании экологического каркаса города. Рельеф играет важную роль в распределении элементов экологического каркаса городов – зеленых ареалов и соединяющих их коридоров. С одной стороны, экономически выгодно отводить под посадки неудобные для строительства участки – регулярно подтапливаемые площади, крутосклонные поверхности с нерентабельной вертикальной планировкой, участки со значительной общей расчлененностью. С другой стороны, преследуя лишь цель сэкономить средства и земли под застройку, проектировщики могут столкнуться с ситуацией, когда эффективность экологического каркаса оказывается под сомнением. Беспорядочно расположенные массивы растительности, лишь формально называемые зеленым каркасом города, на деле таковыми не будут.

Особую роль играет рельеф в обосновании размещения объектов ООПТ и проведении их границ. Первый в нашей стране городской национальный парк Лосиный Остров в Москве приурочен к западной окраине Мещерской низменности. Кроме того, в столице примерами низинных ООПТ служат все охраняемые природные объекты в границах долин р. Москва и ее притоков – это известные многим заказник Воробьевы Горы, парк в долине р. Сетунь. Как отмечено выше, на более детальном уровне не только привязку объекта ООПТ к каким-либо геоморфологически отличающимся районам, но и установление границ каждого объекта целесообразно проводить в соответствии с морфологией рельефа территории. Сохранение уголка уникальной природной среды в крупном городе предполагает его максимально возможную изолированность от всех видов вредоносного техногенного воздействия – химического (от вредных газообразных выбросов и сбросов в поверхностный и подземный сток), физи-

ческого (термического, акустического, электромагнитного). При этом изолированность не должна препятствовать свободному сообщению зеленого массива с окружающими жилыми районами. В этом смысле оптимальным решением представляется встраивать границы ООПТ в рельеф, проводя их по гребням, приподнятым частям бровок относительно прибрежных пространств и пр.

Трансформация поверхностного стока в связи с перестройкой рельефа и развитием инженерных сетей. Естественный поверхностный сток с городских территорий в значительной степени видоизменен практически во всех крупных городах. Это выражается не только в изменении химического состава стоков, но и, например, в степени насыщения его механическими взвесями или в структуре водосборных бассейнов. Кроме того, меняется доленое и географическое соотношение поверхностного и подземного стока. На большинстве антропогенных поверхностей в городе – асфальтовых покрытиях, крышах зданий, мостовых и тротуарах – показатель коэффициента стока значительно выше, чем на естественных или аналогичных поверхностях.

Лишь 5% жидких осадков, выпавших на покрытие шоссейной дороги, не переходит в поверхностный сток [СП..., 2012], в то время как на газонах доля затрат осадков на просачивание в грунты, потребление растениями, испарение с поверхности может достигать 90%. В целом в плотно застроенных городах поверхностный сток выходит на первую роль в транспортировке жидких осадков, однако это способствует появлению или активизации эрозионных процессов в нижних частях водосборов. Решение этой проблемы заключается в оборудовании систем ливневой канализации, создании искусственных дренажных сетей, организованное и слаженное сооружение которых в некоторых крупных городах России (или их районах) до сих пор находится в зачаточном состоянии.

Плотность и общая длина коллекторов часто превышают аналогичные параметры водотоков на поверхности, например [Ministry..., 2015], объем стока иногда почти равен стоку рек и ручьев в городе (в тех случаях, когда сброс стоков канализации происходит уже вне городской черты). Способствует такой своеобразной структуре стока и забор воды на пищевые, коммунальные и промышленные нужды, организуемый, как правило, выше по течению на реках, дренирующих территорию города.

Долины небольших водотоков, а также балки и овраги в крупных городах чаще всего засыпаны грунтом, и прежде сконцентрированный сток рассеивается по смежным водосборам. Нетрудно назвать примеры таких масштабных трансформаций. Особенно хорошо иллюстрирует обсуждаемые явления г. Москва. «Речная сеть Москвы включает свыше 20 рек (вместе с постоянно текущими ручьями длиной более 1,5 км), на всем протяжении находящихся на поверхности, около 20 рек, частично заклю-

ченных в коллекторы (или трубы), и свыше 40 рек, целиком заключенных в коллекторы» [Москва..., 1997, с. 14]. Среди наиболее известных «коллекторных» водотоков Москвы – реки Пресня и Неглинная. Московский Кремль, площадка которого напоминает треугольник, некогда был защищен реками с двух сторон из трех: с юга – р. Москва, с запада и северо-запада – р. Неглинная. Когда оборонные функции рельефа местности перестали быть столь актуальны, долина Неглинной была отчасти выровнена засыпкой, верхние части высоких эрозионных уступов несколько срезаны, а водоток отведен в сооруженный специально канал, который впоследствии был перекрыт арками, Неглинная окончательно превратилась в подземную реку (отметим, что подземный рельеф городов – субрельеф – в значительной степени связан с рядом экологических аспектов жизни города и горожан, в том числе несет в себе опасность в связи с карстовыми и суффозионными просадками).

Не менее важную проблему представляет собой перестройка территориальной структуры водосборов. Подземные водопроводы могут совершенно менять ее, отбирая часть стока одного водосбора и отдавая другому, иногда даже на значительном удалении от первого. Наземные инженерные мероприятия также вносят в это свою лепту – на плоских поверхностях дорожно-уличной сети достаточно появления невысокого, но протяженного превышения для кардинальной смены направления стока. Даже малоразличимый гребень вдоль разделительной полосы автодорог с превышением несколько сантиметров относительно периферии проезжей части четко разграничивает сток. Лишь в случае обильных ливней, когда толщина слоя воды на покрытии дороги превышает высоту гребня, направление стока могут игнорировать нанорельеф.

Геоморфологические условия распространения шума в городе. Большой дискомфорт горожанам доставляет чрезмерное акустическое загрязнение – значительная громкость шумов и их неблагоприятный режим в течение суток (и с другой периодичностью). Так, в Москве более 3 млн человек проживают на территории со сверхнормативным уровнем шума [Попов, 2005]. Звук, в отличие от прямых солнечных лучей, распространяется во все стороны от источника и способен огибать препятствия, в том числе формы рельефа. Однако нельзя сказать, что строение земной поверхности не регулирует распространение звука над ней.

При определенных условиях (подходящее положение источника звука в рельефе) может наблюдаться интерференция волн, либо, наоборот, их рассеяние; часть волн отражается от склонов положительных форм рельефа (и рельефоидов), и уже поэтому рельеф способствует снижению уровня шума.

И.М. Сениушенкова [2011] изучала экологическую роль балок Верхний Судок и Нижний Судок в г. Брянск, в том числе их роль как ограничителей шума от близлежащей автостреды. Замеры выяви-

ли функциональную связь между положением источника шума (над балкой, на мосту через нее), расположением в плане от источника шума, превышением положения источника над положением наблюдателя, с одной стороны, и эквивалентным уровнем шума – с другой.

Американские ученые для территории так называемого двойного города (TwinCity) – агломерации городов Миннеаполис и Сент-Пол [Nega et al., 2013] выполнили исследование для обоснования размещения ООПТ. Тыловая часть зоны акустического эффекта от магистрали отсекалась по влиянию шума от нее на поведение птиц. Используя такой своеобразный маркер, они пришли к следующим выводам: характер рельефа существенно влияет на распределение шума – для относительно выровненных территорий интенсивность распространения шума более чем в 2 раза превышает интенсивность его распространения на пересеченной местности. Вместе с тем существенный вклад в уменьшение шумового эффекта вносит застройка, а также массивы лиственной растительности.

Кроме того, на распространение звука рельеф влияет и косвенно, часто через характер подстилающей поверхности (через морфолитогенез), которая по-разному отражает и поглощает звук.

В завершение можно сформулировать понятие «геоморфологическая комфортность» проживания – по аналогии с «комфортностью ландшафта», определением, данным Н.Ф. Реймерсом [Реймерс, 1990].

Выводы:

- рельеф городских территорий различным образом влияет на параметры городской среды, определяющие ее качество и, соответственно, на уровень комфортности проживания в городах;

- опасные и неблагоприятные геоморфологические процессы влияют на комфортность проживания в городах за счет осознания населением возможной угрозы их жизни и здоровью, а также за счет непосредственного воздействия этих процессов на людей и их собственность;

- степень расчленения и ориентировка крупных форм рельефа вносят коррективы в свето-теневую рисунок городских территорий. Вклад рельефа может достигать нескольких процентов и даже нескольких десятков процентов от номинальных значений (освещенность кварталов застройки, расположенных на субгоризонтальных поверхностях);

- орография рельефа и ориентировка застройки отчасти определяют ветровой режим территории на локальном уровне кварталов и улиц. Эти параметры в совокупности с частотой и повторяемостью характерных ветров обеспечивают застойность или, напротив, чрезмерную проветриваемость городских территорий;

- изменения рельефа и характера подстилающей поверхности обеспечивают перераспределение стока атмосферных осадков. Часто такие изменения носят непредсказуемый и крайне неблагоприятный характер, сказываются на активизации эрозионных, просадочных и других процессов;

– топография местности, использование разнотипных покрытий (дерево, бетон, асфальт), «встроенность» источников шума в рельеф контролируют акустическое загрязнение кварталов;

– геолого-геоморфологические условия способствуют выбору места для отдельных элементов экологического каркаса и, соответственно, формированию его в целом;

Благодарности. Исследование частично выполнено за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-05-31010 мол_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреев С.С. Климатическая комфортность территории на примере городов Ростов-на-Дону, Сочи // Intern. Jo. Applied and Fundamental Res. 2013. № 9. Р. 96–97.

Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. М.: Техносфера, 2005. 536 с.

Ветроэнергетика. М.: Энергоатомиздат, 1982. 272 с.

Глебова И.С. Анализ комфортности проживания в крупнейшем городе и возможности ее повышения (на примере г. Казани) // Уч. Зап. Казанского университета. Гуманитарные науки. 2011. Т. 153, кн. 4. С. 198–210.

Город-экосистема. М.: ИГРАН, 1996. 336 с.

Добрынина И.В., Акимов Л.М., Куропан С.А. Медико-географическая оценка климатической комфортности территории Воронежской области // Вест. ВГУ. Сер. География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 120–128.

Епринцев С.А., Архипова О.Е. Экологическая комфортность урбанизированной территории Адлерского района города Сочи в условиях интенсивного антропогенного прессинга // Вестн. ВГУ. Сер. География. Геоэкология. 2012. № 2. С. 100–104.

Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 170 с.

Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 264 с.

Коффа Г.Л., Петренко С.И., Лихачева Э.А., Котлов В.Ф. Очерки по геоэкологии и инженерной геологии Московского столичного региона. М.: РЭФИА, 1997. 175 с.

Лифанов В.А., Гутников А.С., Скотченко А.С. Моделирование аэрации в городе. М.: Диалог МГУ, 1998. 134 с.

Лопатина Е.Б., Назаревский О.Р. Оценка природных условий жизни населения. М.: Наука, 1972. 148 с.

Лукашов А.А. Учет геоморфологического фактора при обосновании границ и функциональном зонировании ООПТ // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран: Сб. науч. статей Второй Междунар. науч.-практ. конф. Могилев, МГУ имени А.А. Кулешова, 2012. С. 66–70.

Методические рекомендации и мероприятия по защите от шума жилой застройки с учетом сложного рельефа местности. Тбилиси: ТбилЗНИИЭП, 1981. 70 с.

Москва: Энциклопедия. М.: Большая Росс. энциклопедия, 1997. 978 с.

Москва: Геология и город. М.: Московские учебники и Картолитография, 1997. 400 с.

Опасные экзогенные процессы. М.: ГЕОС, 1999. 290 с.

Попов М.А. Инженерная защита окружающей среды на территории города. М.: МГУП, 2005. 231 с.

Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.

Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. 640 с.

Рэттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. М.: Стройиздат, 1984. 294 с.

Салякин И.Е., Краснощеков А.Н., Трифонова Т.А. Оценка комфортности проживания населения в регионе (на примере

– геоморфологическую комфортность проживания можно определить следующим образом: свойство рельефа обеспечивать у человека объективное состояние и/или субъективное чувство спокойствия и удобства в текущей геоморфологической обстановке через ее воздействие на его общее физическое и психологическое состояние, вид деятельности, эстетические предпочтения.

Владимирской области) // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2010. Т. 12, № 1(7). С. 1880–1883.

Самсонова С.Ю. Эколого-геоморфологический анализ в обосновании управления городскими особо охраняемыми природными территориями (на примере природного заказника «Воробьевы горы», г. Москва) // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 2. С. 93–99.

Сенюшенкова И.М. Теория формирования и методы развития урболоаншафтов на овражно-балочном рельефе: Автореф. докт. дисс. М., 2011.

Сенюшенкова И.М. Анализ методов борьбы с транспортным шумом в городах на пересеченном рельефе // Вестн. МГСУ. 2008. № 4. С. 134–138.

Сенюшенкова И.М. Акустические особенности распространения шума в пониженных формах рельефа местности // Изв. вузов. Строительство. 2010. № 5. С. 91–99.

Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки. М.: Стройиздат, 1971. 112 с.

Симонов Ю.Г., Кружалин В.И. Инженерная геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 208 с.

СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010, № 820).

СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (утв. Приказом Минрегиона РФ от 29.12.2011, № 635/11).

Стулышапку В.О. Оценка экологической и социальной комфортности проживания населения на локальном уровне: Автореф. канд. дисс. Калуга, 2006. 21 с.

Тваровский М. Солнце в архитектуре. М.: Стройиздат, 1977. 288 с.

Харченко С.В. Рельеф как фактор инсоляции на городских территориях // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 4. С. 30–35.

Шиловецова О.А. Световые ресурсы Москвы // Альтернативная энергетика и экология. 2013. Т. 6, № 2. С. 88–96.

Badesku V. Modeling solar radiation at the Earth surface. Berlin: Springer, 2008. 517 p.

Brookes Ch. Local Climates of Worcester, Massachusetts, as a Factor in City Zoning // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1923. N 4. P. 83–86.

Commoner B. The closing circle: nature, man, and technology. N.Y.: Knopf, 1971. 326 p.

Lam Y.W. On the modelling of the effect of ground terrain profile in environmental noise calculations // Appl. Acoustic. 1993. N 42. P. 99–123.

Ministry of Environment – Sewage Statistics [Электронный ресурс]. URL: <http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=310> (дата обращения: 19.03.2015).

Nega T., Yaffe N., Stewart N., Fu W.-H. The impact of road traffic noise on urban protected areas: a landscape modeling approach // Transp. Res. Pt D. 2013. N 23. P. 98–104.

Rasmussen K.B. On the effect of terrain profile on sound propagation outdoors // J. Sound and Vibration. 1985. N 98(1). P. 35–44.

Rasmussen K.B. Propagation of road traffic noise over level terrain // *J. Sound and Vibration*. 1982. N 82(1). P. 51–61.

Samsonov T.E., Konstantinov P.I., Varentsov M.I. Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling // *Urban Climate*. 2015. N 13. P. 122–139.

Van Renterghem T., Botteldooren D., Lercher P. Comparison of measurements and predictions of sound propagation in a valley-slope configuration in an inhomogeneous atmosphere // *J. Acoustic Soc. Amer.* 2007. N 121(5). P. 2522–2534.

Поступила в редакцию 30.11.2015

Принята к публикации 11.12.2015

S.I. Bolysov¹, S.V. Kharchenko²

URBAN TOPOGRAPHY AS A FACTOR OF COMFORTABLE LIVING OF THE POPULATION

The article aims to show the role of urban terrain in the living comfort at cities. Relief controls the formation of modern urban landscapes, as well as their past and future state. The transformation of the surface of urban sites becomes a cause of changes of some physical features of environment. We have studied the aspects of relief impact on the environment which have direct influences on people's comfort. These aspects are geological and geomorphological hazards; influence of topography on the solar exposure of residential houses, wind distribution in atmospheric boundary layer, transformation of the run-off; terrain effect on noise propagation and the placing of the elements of ecological framework.

The paper is based on the different data types. Firstly, it is field data from several cities, i.e. Moscow, Voronezh, Sochi, Kursk, Tambov, Belgorod and other. Secondly, it is published data of some geomorphological and ecological investigations in Russian and foreign cities. Topographical information was obtained from SRTM-data, large-scale maps and plans, digital elevation models created on Ikonos stereo-images. Building and urban zoning information was obtained from situational plans, OpenStreetMap data, master-plans and schemes of urban planning. Materials on urban climate were obtained in the archives of the Russian Bureau of Hydrology and Meteorology.

Geomorphological hazards affect the life comfort only in the cities located in active geomorphodynamical areas. Value of topography dissection has effect on the duration of solar exposure of the residential houses and blocks. The duration of solar exposure depends on the gradient and aspect of slopes. Orientation of landforms determines the airing of urban areas in connection to the wind regime. Transformation of urban terrain and underlying surface determines changes of drainage pattern and geochemical flows. The topography of landscapes and its position in relation to noise sources influence the conditions of sound propagation and noise pollution in the air. Geological and geomorphological features of urban area control the formation of ecological frameworks in the cities.

The definition of «geomorphological comfortability» is suggested. Geomorphological comfortability of life is an attribute of relief to create the real condition and/or subjective sense of calm and convenience in the current geomorphological situation through the influence of relief on the general physical and psychical conditions of a person, type of human activities and aesthetic preferences.

Key words: urban topography, comfortability of life, solar exposure, wind condition, noise pollution, drainage, ecological framework.

Acknowledgements. The research was in part financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No 14-05-31010 мол_a).

REFERENCES

Andreev S.S. Klimaticheskaja komfortnost' territorii na primere gorodov Rostov-na-Donu, Sochi [The climatic comfortability on the examples of Rostov-na-Donu and Sochi], Intern. J. Appl. and Fundamental res. 2013, no 9, pp. 96–97 (in Russian).

Badesku V. Modeling solar radiation at the Earth surface. Berlin: Springer, 2008. 517 p.

Blazi V. Spravochnik proektirovshhika. Stroitel'naja fizika. [Handbook of designer. The building physics], Moscow, Tehnosfera, 2005, 536 p. (in Russian).

Brookes Ch. Local Climates of Worcester, Massachusetts, as a Factor in City Zoning // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 1923. N 4. P. 83–86.

Commoner B. The closing circle: nature, man, and technology. N.Y.: Knopf, 1971. 326 p.

Dobrynina I.V., Akimov L.M., Kurolap S.A. Mediko-geograficheskaja ocenka klimaticheskoy komfortnosti territorii Voronezhskoj oblasti [Medical-geographical assessment of climatic comfortability in Voronezh region], *Vestnik VGU, serija Geografija. Geojekologija*, 2013, no 1, pp. 120–128 (in Russian).

Eprincev S.A., Arhipova O.E. Jekologicheskaja komfortnost' urbanizirovannoj territorii Adlerskogo rajona goroda Sochi v uslovijah intensivnogo antropogennogo pressinga [Environmental comfortability of urban area in Adler district of Sochi under intense anthropogenic pressure], *Vestnik VGU, serija Geografija. Geojekologija*, 2012, no 2, pp. 100–104 (in Russian).

Glebova I.S. Analiz komfortnosti prozhivaniya v krupnejšem gorode i vozmozhnosti ee povysheniya (na primere g. Kazani) [Analysis of life comfortability in a city and possibility of its increasing (at the example of Kazan)], *Uchenye zapiski Kazanskogo*

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Palaeogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sibol1954@bk.ru

² Kazan (Cis-Volga) Federal University, Institute of Ecology and Nature Management, Department of Landscape Ecology, Research Scientist, PhD. in Geography; e-mail: xar4enkkoff@rambler.ru

universiteta. Gumanitarnye nauki, 2011, T. 153, kn. 4, pp. 198–210 (in Russian).

Gorod-jekosistema [City-ecosystem], Moscow, IGRAN, 1996, 336 p. (in Russian).

Kharchenko S.V. Rel'ef kak faktor insoljatsii na gorodskih territorijah [Relief as a factor of insolation on urban areas], Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografija, 2013, no 4, pp. 30–35 (in Russian).

Koff G.L., Petrenko S.I., Lihacheva Je.A., Kotlov V.F. Oчерки po geojekologii i inzhenernoj geologii Moskovskogo stolichnogo regiona [Essays on the environmental and engineering geology of the Moscow metropolitan region.], Moscow, RJeFIA, 1997, 175 p. (in Russian).

Kondrat'ev K.Ja., Pivovarova Z.I., Fedorova M.P. Radiacionnyj rezhim naklonnyh poverhnostej [Radiation regime of inclined surfaces], Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978, 170 p. (in Russian).

Kotlov V.F. Izmenenie geologicheskoy sredy pod vlijaniem dejatel'nosti cheloveka [Change the geological environment under the influence of human activities], Moscow, Nedra, 1978, 264 p. (in Russian).

Lam Y.W. On the modelling of the effect of ground terrain profile in environmental noise calculations // Appl. Acoustic. 1993. N 42. P. 99–123.

Lifanov V.A., Gutnikov A.S., Skotchenko A.S. Modelirovanie ajeratsii v gorode [Simulation of aeration in the city], Moscow, Dialog MGU, 1998, 134 p. (in Russian).

Lopatina E.B., Nazarevskiy O.R. Otsenka prirodnykh usloviy zhizni naseleniya. [Assessment of natural living conditions], Moscow, Nauka, 1972, 148 p. (in Russian).

Lukashov A.A. Uchet geomorfologicheskogo faktora pri obosnovanii granic i funktsional'nom zonirovanii OOPT [Accounting geomorphological factor in justifying the boundaries and functional zoning of PAs], Problemy ustojchivogo razvitiya regionov Respubliki Belarus' i sopredel'nyh stran: sbornik nauchnykh statej vtoroj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Mogilev, MGU im. A.A. Kuleshova, 2012, pp. 66–70 (in Russian).

Metodicheskie rekomendatsii i meroprijatija po zashhite ot shuma zhiloy zastroyki s uchetom slozhnogo rel'efa mestnosti [Guidelines and measures for noise protection of residential areas accounting the complex terrain], Tbilisi, TbilZNIJeP, 1981, 70 p. (in Russian).

Ministry of Environment – Sewage Statistics [Elektronnyj resurs]. URL: <http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=310> (Accessed: 19.03.2015).

Moskva. Jenciklopedija [Moscow. Encyclopedia], Moscow, Bol'shaja Rossijskaja jenciklopedija, 1997, 978 p. (in Russian).

Moskva: geologija i gorod [Moscow: geology and city], Moscow, Moskovskie uchebniki i Kartolitografija, 1997, 400 p. (in Russian).

Nega T., Yaffe N., Stewart N., Fu W.-H. The impact of road traffic noise on urban protected areas: a landscape modeling approach // Transport. Res. Pt D. 2013. N 23. P. 98–104.

Opasnye jezkogennye process [Dangerous exogenous processes], Moscow, GEOS, 1999, 290 p. (in Russian).

Popov M.A. Inzhenernaja zashhita okruzhajushhej sredy na territorii goroda [Environmental engineering in the city], Moscow, MGUP, 2005. 231 p. (in Russian).

Rasmussen K.B. On the effect of terrain profile on sound propagation outdoors // J. Sound and Vibration. 1985. N 98(1). P. 35–44.

Rasmussen K.B. Propagation of road traffic noise over level terrain // J. Sound and Vibration. 1982. N 82(1). P. 51–61.

Rejmers N.F. Prirodopol'zovanie: Slovar'-spravochnik [The Nature Use: Glossary Directory], Moscow, Mysl' (Publ.), 1990, 637 p. (in Russian).

Rel'ef sredy zhizni cheloveka (jekologicheskaja geomorfologija) [Relief of human life environment (environmental geomorphology)], Moscow, Media-PRESS, 2002, 640 p. (in Russian).

Rjeter Je.I. Arhitekturno-stroitel'naja ajerodinamika [Building aerodynamics], Moscow, Strojizdat, 1984, 294 p. (in Russian).

Saljakin I.E., Krasnoshhekov A.N., Trifonova T.A. Ocenka komfortnosti prozhivaniya naseleniya v regione (na primere Vladimirskoj oblasti) [An assessment of life comfortability of a region (at the example of Vladimir region)], Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2010, t. 12, no 1(7), pp. 1880–1883 (in Russian).

Samsonova S.Ju. Jekologo-geomorfologicheskij analiz v obosnovanii upravlenija gorodskimi osobo ohranjaemyi prirodnyimi territorijami (na primere prirodnogo zakaznika «Vorob'evy gory», g. Moskva) [Ecogeomorphological analysis in the management of urban protected areas (at the example of the nature reserve «Vorob'evy gory», Moscow)], Vestnik RUDN, serija «Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti», 2013, no 2, pp. 93–99 (in Russian).

Samsonov T.E., Konstantinov P.I., Varentsov M.I. Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling // Urban Climate. 2015. N 13. P. 122–139.

Senjushenkova I.M. Teorija formirovaniya i metody razvitiya urbolandschaftov na ovrazhno-balochnom rel'efe [Theory of formation and development methods for urban landscapes on ravine terrain], Avtoref. diss. dokt., Moskva, 2011 (in Russian).

Senjushhenkova I.M. Analiz metodov bor'by s transportnym shumom v gorodah na peresechenom rel'efe [Analysis of methods to reduce of traffic noise in urban areas on the dissected terrain], Vestnik MGSU, 2008, no 4, pp. 134–138 (in Russian).

Senjushhenkova I.M. Akusticheskie osobennosti rasprostraneniya shuma v ponizhennykh formah rel'efa mestnosti [The acoustic features of noise propagation in the negative landforms], Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij, Stroitel'stvo, 2010, no 5, pp. 91–99 (in Russian).

Serebrovskij F.L. Ajeracija zhiloy zastroyki [Aeration of residential areas], Moscow, Strojizdat, 1971, 112 p. (in Russian).

Simonov Ju.G., Kruzhalin V.I. Inzhenernaja geomorfologija [Engineering geomorphology], Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 1993, 208 p. (in Russian).

Shilovtseva O.A. Svetovye resursy Moskvy [Light resources of Moscow] // Alternativnaya energetika i ecologiya, 2013, Vol.6, no 2, pp. 88–96.

SP 42.13330.2011. Svod pravil. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskih i sel'skih poselenij. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.07.01-89* [Set of rules. City planning and construction of urban and rural settlements. The updated edition of SNiP 2.07.01-89] (utv. Prikazom Minregiona RF ot 28.12.2010 N 820) (in Russian).

SP 32.13330.2012. Svod pravil. Kanalizacija. Naruzhnye seti i sooruzhenija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.04.03-85 [Set of rules. Sewerage. Outdoor drainage networks and constructions. The updated edition of SNiP 2.04.03-85] (utv. Prikazom Minregiona RF ot 29.12.2011 N 635/11) (in Russian).

Stulyshapku V.O. Ocenka jekologicheskoy i social'noj komfortnosti prozhivaniya naseleniya na lokal'nom urovne [Assessment of environmental and social comfortability of living at the local scale], Avtoref. kand. diss., Kaluga, 2006, 21 p. (in Russian).

Tvarovskij M. Solnce v arhitekture [The sun in the architecture], Moscow, Strojizdat, 1977, 288 p. (in Russian).

Van Renterghem T., Botteldooren D., Lercher P. Comparison of measurements and predictions of sound propagation in a valley-slope configuration in an inhomogeneous atmosphere // J. Acoustic Soc. Amer. 2007. N 121 (5). P. 2522–2534.

Vetroenergetika [Wind energy], Moscow, Jenergoatomizdat, 1982, 272 p. (in Russian).

Received 30.11.2015

Accepted 11.12.2015