

УДК 504.03.711

ОЦЕНКА ЭКЗОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА)

© 2017 г. В. И. Осипов, О. Н. Еремина, И. В. Козлякова

*Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН, Уланский пер., 13, стр. 2,
Москва, 101000, Россия. E-mail: sci-council@geoenv.ru*

Поступила в редакцию 17.11.2016 г.

В статье рассмотрен зарубежный опыт оценки опасных экзогенных геологических процессов и обусловленного ими риска экономических потерь на городских территориях. Прослежено становление и развитие научного направления, получившего за рубежом название “урбанистическая геология”. На основе анализа большого количества зарубежных публикаций последних десятилетий, в том числе материалов конференций и конгрессов Международной ассоциации по инженерной геологии и окружающей среде (МАИГ), дан обзор основных направлений исследований в области инженерной геологии городов и методик учета и оценки геологических опасностей при планировании городской среды. Показано современное состояние разработки проблемы анализа геологического риска в городах на основе оценки уязвимости городской среды к геологическим опасностям.

Ключевые слова: экзогенные геологические опасности, геологический риск, инженерно-геологические исследования в городах, урбанизация, инженерно-геологическое картографирование, городское пространственное планирование.

ВВЕДЕНИЕ

Начавшийся в конце XIX в. процесс урбанизации приобрел колоссальный размах к началу XXI в. В 1900 г. на земном шаре насчитывалось всего 12 городов с населением свыше 1 млн человек: Лондон, Париж, Берлин, Вена, Санкт-Петербург, Стамбул, Нью-Йорк, Чикаго, Филадельфия, Токио, Пекин и Осака [3, 40]. В настоящее время число городов-миллионеров составляет 360, а мегаполисов с населением более 10 млн человек – 35. По прогнозам к 2030 г. число таких мегаполисов увеличится до 60 [29]. Как отмечает известный голландский геолог-урбанист Э. де Мульдер (*De Mulder E.F.J.*), за последние 25 лет рост городов стал особенно стремительным [20]. Так, например, за этот период взрывной рост по площади был характерен для таких городов, как Париж, Пекин, Сидней, Лас-Вегас. Последний, увеличив свою площадь более чем в 100 раз с 1973 г., признан самым быстрорастущим городом США.

Согласно официальной статистике, в первом десятилетии XXI в. число городских жителей достигло 3.4 млрд человек, что впервые в мировой истории превысило половину населения земного шара. Сейчас городское население составляет 75% в Европе,

74% в Северной Америке и 48% в Азии [20]. По прогнозам ООН, к середине XXI в. население планеты достигнет 9.2 млрд и затем стабилизируется на этом уровне примерно до 2300 г., при этом весь ожидаемый прирост населения (2 млрд чел.) произойдет за счет городского населения. По некоторым данным, стабилизация населения ожидается на уровне 12 млрд чел. В ближайшие десятилетия прогнозируется дальнейший стремительный рост городского населения, которое удвоится к 2050 г. и достигнет 5 млрд, что составит 66% населения Земли [43]. Необходимо отметить, что азиатский регион, где проживает 60% населения планеты, лидирует по темпам урбанизации. Уже сейчас 6 из 10 крупнейших мегаполисов мира находятся в Азии. Стремительный рост городского населения (со скоростью 2% в год) характерен для развивающихся стран Азии и Африки и фиксируется, например, в таких городах, как Лагос (Нигерия), Дакка (Бангладеш) и Карачи (Пакистан) [59]. В то же время исследователи отмечают наметившийся в последние годы обратный процесс субдеурбанизации и сокращения размеров городов в связи с их деиндустриализацией в густонаселенной Европе и США [45, 59].

Очевидно, что урбанизация влияет на окружающую среду и, наоборот, окружающая среда влияет

на уязвимую к ней городскую среду. Для своего жизнеобеспечения и развития городу необходима подходящая для освоения территория, стройматериалы, источники воды и энергии. При этом город, производя большое количество отходов, загрязняет окружающую среду. Наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают мегаполисы, которые, в свою очередь, оказываются подверженными воздействию опасных геологических процессов [55]. Таким образом, города являются как источником, так и реципиентом риска. Как отмечает Б. Маркер (*Marker B. R.*), опасные процессы, не представляющие большой угрозы на неосвоенных территориях, могут представлять большую проблему в уязвимых густонаселенных городских районах и обуславливать высокий риск для проживания [43]. Исследованиями европейских ученых показано, что из всех городов Европы самыми небезопасными в геоэкологическом отношении являются города, расположенные на средиземноморском побережье, в наименьшей степени — города Швеции [18–20].

УРБАНИСТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ КАК ОСОБОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

На геоэкологические проблемы городов ученые обратили внимание лишь во второй половине XX в. В 1960-х гг. за рубежом зародилась и оформилась в самостоятельную научную дисциплину так называемая “урбанистическая геология”. Этот термин был впервые использован в циркуляре Геологической службы США Дж. Т. МакГиллом (*McGill J.T.*) [46]. Известные английские инженер-геологи М. Калшоу и С. Прайс (*Culshaw M. G., Price S. J.*) называют “отцом урбанистической геологии” Р. Леггета (*Legget R.F.*) за его фундаментальный труд “Города и геология” [16]. Эта книга, впервые опубликованная в США в 1973 г., была переведена на русский язык в 1976 г. [3, 40]. Именно этот ученый впервые обратил внимание на то, что роль геологических наук недооценена при планировании городского развития. По его мнению, пренебрежительное отношение к геологическим процессам и условиям во многих случаях приводит к серьезным негативным последствиям в городах. В своей книге “Города и геология” Р. Леггет пишет: «*При планировании города или района площадь, намеченную к застройке, нельзя уподоблять чистому листу бумаги, на котором возможна материализация любых идей строителя... Планирование и строительство новых городов немыслимы без учета основных особенностей органического мира и динамики природы. Только при этих условиях человеческая деятельность*

будет гармонично вписываться в окружающую среду и не нарушит ее биологическое равновесие. ...Как прозорливо сказал Фрэнсис Бэкон почти четыре столетия назад: “Чтобы управлять природой, надо ей подчиняться”» [3].

Урбанистическая геология сформировалась в отдельную отрасль геологического знания благодаря трудам таких ученых как С. Прайс, У. Дирман (*Dearman W.R.*), Б. Маркер, М. Калшоу (Великобритания); Э. де Мульдер (Нидерланды), О. Уайт (Канада) и др. [8, 16, 19, 20, 22, 35, 43, 44, 58, 59]. Ими отмечено, что урбанистическую геологию (*urban geology*) следует отличать от геологии городов (*geology of urban areas*), прежде всего, по предмету исследования. Так, уже первые работы в области урбанистической геологии касались не только изучения геологического строения урбанизированных территорий, но и возникающих там природных и техноприродных опасностей. В 1862 г. австрийский ученый Э. Зюсс (*Suess E.*) опубликовал труд “Грунты г. Вены”, в котором впервые дал комплексную характеристику всей городской геологической среды, описав геологическое строение территории, гидрогеологические условия, состав грунтов, в том числе техногенных отложений, используемые стройматериалы, выделив социально-экологические аспекты, в частности здоровье населения. В 1897 г. сотрудник Британской геологической службы Х. Вудворт (*Woodward H.*) построил карту грунтовых толщ большого Лондона, на которой были учтены не только геологическое строение, но и гидрогеологические и геоэкологические особенности территории (например, расположение кладбищ согласно санитарно-гигиеническим нормам), а также представлены сведения о грунтовых основаниях зданий и сооружений, водоснабжении и дренажных системах. Этот труд предназначался не только для геологов, но и для других категорий потребителей [16]. К. Клайтон (*Clayton C.R.I.*) [13, 14] отмечал, что в настоящее время потребителями картографической информации в урбанистической геологии выступают не только геологи, но и проектировщики, финансисты, страховщики и прочие категории специалистов разных областей, а также и неспециалисты — обычные городские жители. М. Калшоу [16] предложил такое определение **предмета изучения урбанистической геологии**: *взаимосвязи между человеком и геологической средой в пределах урбанизированных территорий и возникающие в результате этих взаимосвязей техноприродные процессы с целью предоставления необходимой геологической информации для обеспечения устойчивого и сбалансированного развития, рационального использования и охраны природной среды городов*. По мнению

Э. де Мульдера, урбанистическая геология охватывает изучение всего комплекса геоэкологических и социально-экономических проблем, возникающих при планировании градостроительной деятельности и освоении подземного пространства городов [19, 20].

Развитие урбанистической геологии шло в направлении совершенствования методов оценки и технологий картирования инженерно-геологических и геоэкологических условий городов, от построения монотематических карт до комплектов специализированных карт, основанных на ГИСах и современных компьютерных методах обработки баз цифровых данных. В предисловии к 5-му тому Трудов 12-го конгресса Международной ассоциации по инженерной геологии и окружающей среде (МАИГ) Дж. Лоллино (*Lollino G.*) пишет, что в фокусе внимания современной урбанистической геологии в настоящее время находится развитие дистанционных методов изучения и мониторинга, совершенствование методов сбора данных, картографирования и моделирования городской среды, оценка геологических опасностей и рисков для целей рационального городского планирования и использования подземного пространства городов [41].

При этом в настоящее время, согласно британским стандартам, к городам (*urban areas*) относятся населенные пункты с населением свыше 10 000 человек, в то время как в США — населенные пункты с населением свыше 2500 человек [56].

Следует упомянуть, что в России урбанистическая геология не выделена в самостоятельную отрасль научного геологического знания, хотя существуют такие понятия, как “урбанистическая система”, “урбанистическая география”, “урбанистическая экология” и т.д. Проблемы, разрабатываемые за рубежом геологами-урбанистами, в нашей стране решают инженер-геологи и геоэкологи, а предмет исследования западной “урбанистической геологии” во многом совпадает с предметом отечественных инженерно-геологических и геоэкологических исследований в городах.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ В ГОРОДАХ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

Практически все крупные города мира подвержены воздействию опасных природных процессов, которые наносят большой ущерб экономике, а в случае их катастрофического развития приводят и к человеческим жертвам. Согласно официальной статистике, за период 1977–2008 гг. в Международной базе природных катастроф [25] зафиксировано

8866 природных катастроф, которые унесли 2.3 млн человеческих жизней и нанесли экономический ущерб на сумму 1.530 млрд долларов США. В 2008 г. более 140 000 человек погибло в Мьянме от тропического циклона Нургиз; Венчуанское землетрясение 2008 г. в Китае привело к гибели более 200 000 человек, разрушению 5 млн и повреждению 21 млн зданий [33]. Значительное число жертв и большой экономический ущерб от природных опасностей на урбанизированных территориях в большей степени являются результатом высокой плотности городского населения и инфраструктуры. Между тем во многих случаях негативных последствий катастроф, источник которых — опасные геологические процессы, можно было бы избежать, если бы геологическая информация адекватно и своевременно учитывалась городскими властями.

Еще в 1960-х гг. Р. Леггет с сожалением отмечал, что недооценка геологических условий городов является причиной многих серьезных проблем на городских территориях; во многих случаях с геологией вынуждены считаться только тогда, когда в результате пренебрежительного отношения к геологическим условиям местности происходит несчастие [3].

Надо признать, что проблемы, поднятые Р. Леггетом почти полвека назад, продолжают оставаться актуальными и сейчас, о чем свидетельствует неослабевающее внимание к ним со стороны специалистов. Так, 10-й конгресс МАИГ, состоявшийся в г. Ноттингем (Великобритания) в 2006 г., а также вторая Европейская конференция МАИГ (Мадрид, Испания, 2008 г.) были целиком посвящены обсуждению инженерно-геологических и геоэкологических проблем, возникающих в связи с ростом городов. Работы по урбанистической геологии и планированию устойчивого развития городов составили отдельный том трудов 12-го конгресса МАИГ (Турин, Италия, 2014 г.), который проходил под девизом “Инженерная геология для общества и территорий”. Много докладов по этой проблематике было представлено на 34-м и 35-м Международных геологических конгрессах (Брисбен, Австралия, 2012 г.; Кейптаун, ЮАР 2016 г.). Специальная секция по урбанистической геологии работала в рамках Европейского конгресса по региональному и научному картографированию и информационным системам, состоявшегося в Болонье (Италия) в 2012 г. Тем не менее значение геологической информации по-прежнему недооценивается городскими властями и проектировщиками, она недостаточно используется как при планировании развития городов, так и для предупреждения геологических опасностей.