

Подземные опасности в Москве

(Журнал «Природа», №6, 2003)

А.А. Никонов

Андрей Алексеевич Никонов, д.г.-м.н., проф., гл.н.с. Института физики Земли им.Г.А.Гамбурцева РАН.

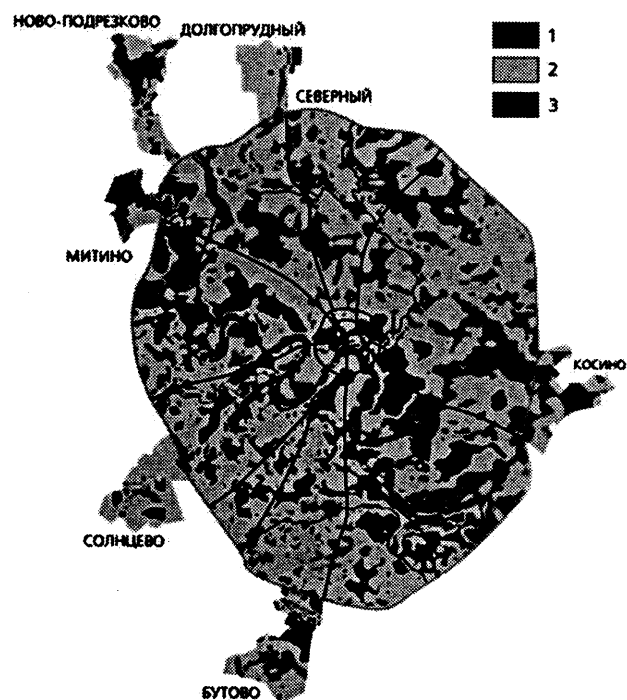
Насущные проблемы

Жители Москвы нередко задаются вопросом: ожидать ли в столице природные катаклизмы? Или: есть ли здесь особо опасные зоны? И даже - по каким улицам лучше не ходить? Вопросы возникают из-за участившихся обрушений зданий и провалов почвы. В прошлые столетия главные повреждения в Москве были связаны с бурными, но кратковременными явлениями в атмосфере (ураганами, смерчами) и гидросфере (наводнениями на Москве-реке). Город, страдавший от этих напастей в прошлом, теперь практически избавлен от них. Последнее из сильных наводнений было в 1908 г. После же зарегулирования Москвы-реки они и вовсе не предвидятся. Сейчас на первый план выходят процессы подземные, которые протекают обычно скрытно и медленно, но зато накапливаются, поражая город "точечными" ударами, застающими его врасплох.

В общем Москва, как и большая часть Европейской России, в зону природного риска не входит, хотя разрушительные ураганы или смерчи по несколько раз в столетие случаться могут. Основные опасности связаны с водой - на земле и под землей. Теперь в заасфальтированной, забетонированной столице во время летних ливней низменные районы на многие часы становятся водоемами. Особенно опасны туннели - Таганский, Варшавский, Арбатский, Волоколамский.

Более серьезны, поскольку долговременны, - подтопления. Естественная циркуляция поверхностных и подземных вод настолько нарушена, а искусственные коллекторы находятся в таком состоянии (до 65% изношенности), что почти на 30-40% городской территории водный уровень не опускается глубже 3 м. Системный

мониторинг изменений уровня верховодки не проводится. Но все же определенные прогнозы, причем неутешительные, существуют. Так, по данным Института экологии, в течение будущих восьми лет ожидается подтопление 89% территории в Восточном округе, более 50 - в Северо-Восточном, Юго-Восточном, Западном и более 40 - в Южном, Северном и Северо-Западном. Наиболее угрожающая ситуация складывается между Яузой и Ярославским шоссе, вдоль Щелковского, Дмитровского, Варшавского, шоссе Энтузиастов, между южным портом и Капотней, в Мневниках. В Лефортово стали подтапливаться фундаменты госпиталя им.Н.Н.Бурденко и здания Академии бронетанковых войск. Городу уже сейчас приходится тратить на устранение последствий 30 млн руб. ежегодно.



Карта подтопления Москвы грунтовыми водами [9].
Цифрами обозначены территории: 1 - постоянно подтопляемые,
2 - потенциально подтопляемые, 3 - не подтопляемые.

Кроме того, подтопление чревато такими негативными (а в отдельных случаях и аварийными) последствиями, как потеря несущей способности грунтов под сооружениями и коррозия коммуникаций. Наиболее наглядным, вызвавшим аварию и последующее нарушение жизни в центре столицы, был провал мостовой и обрушение дома на ул. Б.Дмитровка в 1998 г. Здесь внезапно (поскольку наблюдения не проводились) активизировался плывун: произошло разжижение грунта при вскрытии котлована.

Подтопление в Москве обусловлено массовыми утечками из водонесущих коммуникаций, сильным изменением подземного пространства и соответственно нарушением естественных путей и режима стока вод, а также усиленным поливом улиц и таянием снега над тепловыми магистралями в холодные месяцы. Величина инфильтрационного питания грунтовых вод, создающих подтопление, в 2-3 раза выше в городе, чем за его пределами в естественных условиях [1].

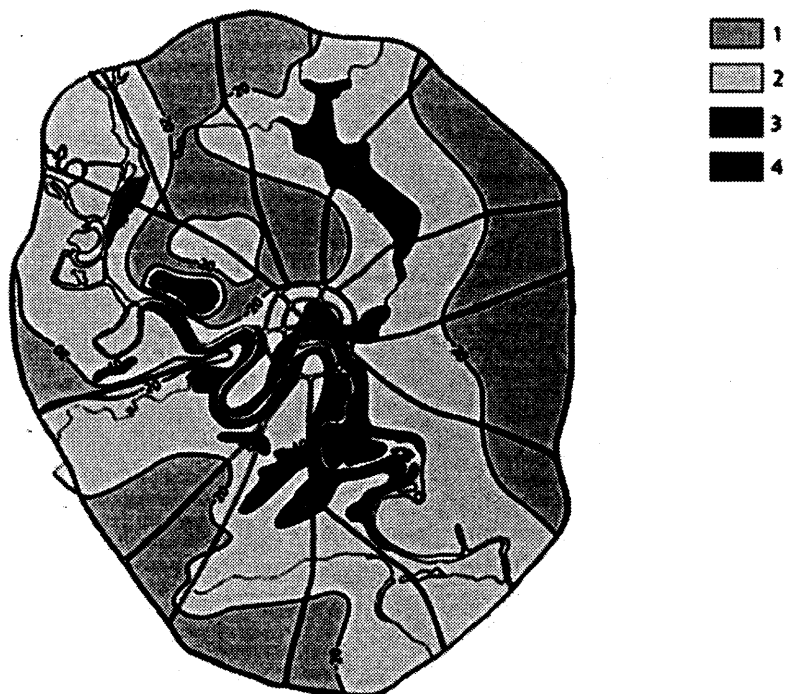
Вот давний, но вполне показательный пример. После постройки на Кремлевском холме Дворца Съездов с подземным бункером глубиной 18 м влажность деревянных свай под зданиями и соборами изменилась. Это означает, что циркуляция подземных вод на значительной части холма нарушилась. Затем последовали и провалы на территории Кремля.

Следующая группа неприятных для города природных явлений - карстовые и суффозионные процессы, протекающие в результате растворения карбонатных пород и вымывания частиц по полостям и естественным каналам. Только за последние 40 лет в столице зарегистрировано почти полсотни местных провалов, которые сопровождались выходом из строя и обрушениями жилых конструкций и коммуникаций.

Строительство подземного торгового комплекса на Манежной площади (1995-1996) спровоцировало оседания и обрушения подземных полостей в радиусе до 1.5 км. Иногда оседания сопровождались ощутимыми толчками, о которых сообщали очевидцы и которые фиксировали приборы. На зданиях гостиниц "Москва" и "Националь", Исторического музея трещины видны невооруженным глазом.

Подобные сотрясения, вызванные обрушениями внутренних пустот в осадочных породах, известны и в других районах города. В Лефортово, на пересечении ул. Ухтомского и Госпитального вала, в 1995 г. толчки повторялись семь-восемь раз в течение 2.5 ч и вызвали панику среди населения. Наиболее многочисленны карстовые проявления в Хорошевском районе. Его жители помнят разрушения домов на ул. Куусинена, Маршала Тухачевского, Хорошевском шоссе. А ведь именно здесь расположены ТЭЦ-16, Хладокомбинат №7 и другие опасные в случае аварии производства. А не далее чем в конце марта текущего года при активном снеготаянии пришлось спешно заделывать провальные воронки на проезде Шокальского и М.Сухаревской площади.

Систематическая, в течение многих десятилетий, откачка подземных вод непосредственно “из-под брюха” Москвы привела к изменению свойств горных пород, на которых стоит город. Они оказались в состоянии неустойчивости, что привело к проседаниям, гидроразрывам на глубине и провалам. Так, на северо-западе Москвы, вдоль ул. Магистральной и Звенигородского шоссе, к середине XX в. зарегистрирована скорость опускания поверхности около 1.5 см/год. Впоследствии ее на две трети удалось снизить, но все равно она выше средней по городу. Район располагается над древней погребенной долиной с мощными рыхлыми отложениями вверх и зонами трещиноватости и карстообразования вниз. В этих условиях вмешательство в недра (откачка грунтовых вод и строительство метрополитена) привело к нарушению равновесия грунта. Как показал специальный анализ [2], именно в контурах погребенных долин развивается большинство городских аварий.



Карта оседания поверхности в Москве (за период 1959-1973 гг.) [9].
Величина оседания (в мм): 1 - 0-20, 2 - 20-40, 3 - 40-60, 4 - более 60.

Провалы и оседания в Москве - явления не новые. Газета "Московские ведомости" еще в 1871 г. сообщила, что служитель одного из соборов Московского Кремля за 37 лет работы насчитал девять провалов на Кремлевском холме. Они приписывались обрушениям обветшалых сводов подвалов, сооруженных в XV-XVI вв., и сильным сотрясениям от непрерывной езды тяжелых экипажей [3]. Карстовые процессы в наши дни, конечно, несоизмеримы с теми, что происходили в прошлом. Во-первых, за несколько столетий площадь города увеличилась на порядок, достигнув 1000 км², а во-вторых (и это основная причина), происходит массированное и подчас не прогнозируемое (и не всегда контролируемое) внедрение в подземную среду. Основание города изрыто полостями разных величин и направлений, разной степени прочности и разной устойчивости.

Часть из них подвергается регулярным вибрациям. За поверхностью вдоль действующих линий метро еще ведутся наблюдения, а поведение грунта над большинством других полостей неизвестно. И это делает ситуацию неподконтрольной.

Не менее серьезные последствия для подземных и наземных сооружений и коммуникаций несет изменение гидрогеологических параметров. Нарушение естественной миграции грунтовых и подземных вод, скопление их перед искусственными препятствиями, массовые (до 3-5, а местами до 35% водоподачи) водопроводные протечки, возрастающая агрессивность химического состава сточных вод в конечном счете ведут к ослаблению грунтов, а на определенных участках - к усилению карстово-суффозионных процессов со всеми "вытекающими" последствиями. В северо-западной части города выявлено 10 неблагоприятных участков. В целом же в Москве потенциально опасными признано около 15% территории.

На чем стоим?

С некоторых пор отдельные специалисты, а за ними и средства массовой информации пугают жителей и городские власти обнаруженными под городом крупными разломами и возможными последствиями их активизации. Какова же реальная ситуация?

Геофизики установили, что город располагается на пересечении морфологически контрастных блоков кристаллического фундамента на глубине нескольких километров, и резонно предположили, что речь идет о тектонических разломах субширотного и северо-западного простирания. Но отсюда никак не следует, что активные миллиарды лет назад разломы живут и в наше время. Москва находится вдали от основных источников (зон) геодинамической активности, и ожидать здесь концентрации напряжений сжатия или растяжения нет никаких оснований.

Сторонники теории активизации древних разломов в протерозойском фундаменте видят *"свидетельства [существования] слабых подвижек, проявляющихся и в настоящее время по поверхности фундамента"* [4]. При этом никаких конкретных сведений о местонахождении *"подвижек"*, структурном положении, амплитуде смещений не приводится. Использованные методы глубинной геофизики

априори не в состоянии обнаружить *“слабые подвижки”* ни в фундаменте, ни в чехле. Те же авторы сообщают, будто *“основные зоны с проявлением карстово-суффозионных процессов в осадочном чехле хорошо коррелируют с зонами глубинных разломов земной коры, приуроченных к руслу р.Москвы”*. Соотносить русло реки с разломами на глубине 1.5-3 км - дело заведомо бесперспективное. То же относится и к карстово-суффозионным проявлениям, поскольку они, во-первых, имеют сугубо *“точечное”*, а не линейное развитие, а во-вторых, распространены только в самых верхних частях осадочного чехла и ограничиваются снизу несколькими горизонтами водонепроницаемых пород. Неудивительно, что на имеющихся картах (в том числе и упомянутых авторов) никакой связи карстово-суффозионных проявлений со структурой фундамента не обнаруживается.

Но научная проблема существует. Вопрос стоит так: есть ли свидетельства разрывов и смещений по ним в верхней части осадочного чехла под городом? Прямыми данными усиления тектонической активности в пределах территории нынешней Москвы в новейшее и в настоящее время геологи не обладают. Известно, что в пределах обширной Московской синеклизы положительных структур в палеогеновых отложениях не обнаружено [5]. Во всяком случае, основные поднятия и впадины существовали на территории Москвы уже в доледниковое время, несколько миллионов лет назад.

Детальные работы на отдельных участках Московского мегаполиса и его окрестностей действительно выявили в известняках среднего и верхнего карбона несколько типичных тектонических (вертикальных и горизонтальных) зон с признаками перемещения пород [6]. Приразломные дислокации отмечены и в перекрывающих мезо-кайнозойских отложениях. Однако здесь они встречаются значительно реже и характеризуются меньшими размерами. Так, в окрестностях г. Люберцы, в субширотном раздвиге, параллельном долине р. Москвы, амплитуда смещения блоков относительно друг друга составила всего 15-20 см. Горизонтальные подвижки по развитой трещине за все последующее время оцениваются в 3.5 м.

В пределах самой Москвы известны дислокации (скорее всего, неоднократные) в виде раздвиговых трещин и их горизонтальных разрывов в Филевском парке, долине р. Сетунь, в Крылатском. Некоторые из них секут отложения московского ледникового

комплекса, т.е. их возраст 150-100 тыс. лет. Несут ли они прямую угрозу городу? При всей важности обнаруженных фактов сказать этого нельзя. Во-первых, в условиях растяжения накопление в массивах горных пород напряжений (и их реализация в виде сейсмических толчков) гораздо менее опасно, чем в условиях сжатия. Во-вторых, многие признаки свидетельствуют о медленном протекании смещений и деформаций, как бы течении масс, заполняющих трещины. Недаром в Москве за всю ее историю местные землетрясения неизвестны [7].

Большую обеспокоенность вызывают обнаруженные разрывы и складчатость в суглинках Троицко-Голенищевского оврага в долине р. Сетунь [4]. Однако и здесь нет причины считать деформации живыми. Скорее всего, они связаны с нагрузкой и разгрузкой ледникового покрова в ту отдаленную геологическую эпоху, когда его край достигал нынешней Москвы. Соответственно и активизацию таких нарушений ожидать ранее, чем наступит следующая ледниковая эпоха, нет оснований.

Другое дело, какое значение имеют выявленные нарушения для развития подповерхностных и поверхностных процессов? Взять хотя бы тот же Хорошевский район, где многократно возникали разрушения домов и провалы на тротуарах и проезжих частях улиц. Здесь, несомненно, речь идет о карстовых и суффозионных проявлениях. Активизируются они за счет возросшей практики строительства и эксплуатации, но предопределены расположением древних карстовых полостей в каменноугольных и юрских породах, которые в свою очередь тяготеют к линиям древних тектонических разрывов.

Как обнаружить активную зону в городе

Примером конкретного наблюдения за деформациями зданий - памятников архитектуры может служить работа столичных инженеров-геологов Е.М.Пашкина и Д.С.Букреева [8]. Они наметили некую зону от южного конца Гоголевского б-ра в сторону Российской государственной библиотеки и далее - вдоль ул. Моховой. Другие исследователи выделили в северо-западном направлении аналогичную зону, вдоль которой идут ул. Тверская и Ленинградский просп. Природа этих зон еще до конца не выяснена, но примечательно то,

что одна из них имеет северо-восточное направление, между тем как геофизики постоянно говорят о глубинном разломе, рассекающем фундамент под городом с северо-запада.

Активизацию древних разломов в новейшее и настоящее время (если она существует) можно обнаружить и иными способами.

При сравнении данных повторного нивелирования выделена полоса повышенных градиентов скорости вертикальных перемещений [9]. Однако она никак не соответствует Павлово-Посадскому разлому в фундаменте - ни по направлению, ни по знаку. Показателем современной активности земной коры (а точнее зон проницаемости в осадочном чехле над ними) считаются гелиевые аномалии. В Подмоскovie они в виде пятен обнаружены в немалом количестве, но в самой Москве их нет [10]. На нескольких участках города зафиксированы отчетливые узкие протяженные зоны радоновых эманацй, которые могут соответствовать разрывным нарушениям под чехлом мезозойских отложений [11, 12], но вызываются и другими причинами. По-видимому, они отражают область разуплотнения, трещиноватости в породах чехла и не могут служить доказательством современной тектонической активности подобных линейных структур.

Отдельные исследователи пишут о трансконтинентальных разломах, на пересечении которых стоит Москва (Кремль), о гелии, который *“может привести к землетрясениям”*, что *“из-за движения разломов рвутся трубы и кабели”* и т.д. В научной (нередко около- или псевдонаучной) литературе ссылаются на линеаментную сеть, выделяемую по космическим снимкам, на результаты геофизических работ, т.е. на методы дистанционные [13]. Нет спора, новейшие методы и технологии, в том числе и дистанционные, полезны и нужны для познания структуры земной коры. Но ведь структура, даже крупная, может оказаться давно омертвевшей, не активной в современную геологическую эпоху, а потому и не опасной. В платформенных условиях, где все геодинамические проявления слабы и плохо выражены, активные разрывы если и существуют, то изучению дистанционными способами не поддаются. Изучение тонких и малоактивных процессов необходимо, но вредна выдача громких, рассчитанных на сенсацию и в реальности вызывающих смятение и путаницу в умах неспециалистов заключений, тем более через массовую печать. Все

разговоры о том, что *“Москва стоит на разломах”, “щит под ней, как битая тарелка”*, - не имеют отношения к проблеме геодинамической активности. Это, как говорят геофизики, *“шумовой эффект без полезного сигнала”*.

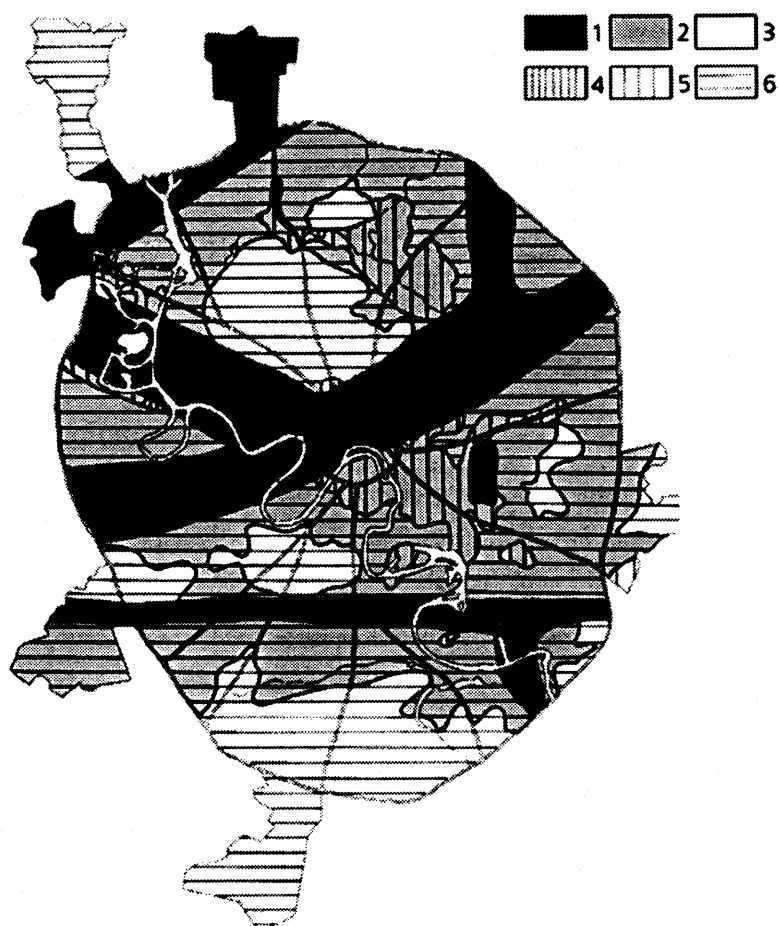
Суть же в том, что древние границы блоков, древние зоны разломов в силу ослабленных связей пород могут быть флюидопроводящими и создавать анизотропную среду (служить волноводами) и тем самым определять вторичные (и даже значимые на поверхности) побочные эффекты. Вот это подлежит изучению - долгому, систематическому, скрупулезному.

Москва погружается

Старая и неослабевающая проблема в Москве, как и в любом городе такого масштаба, - оседание земной поверхности.

Пока город был одно-, двух- и даже четырехэтажным, пока в нем ездили на сани и в каретах, а воду доставляли в бочках из Москвы-реки, об оседании поверхности не было и речи. Но уже к середине прошлого века Москва начала гнуться *“под грузом лет”*, вернее - под собственной тяжестью. Высотное строительство, особенно в центре в послевоенные годы, создавало дополнительные нагрузки на грунт, вызывая его уплотнение. Повторные геодезические измерения это отчетливо фиксировали. Каждое крупное здание создавало под собой (и на 100-200 м вокруг) воронку оседания. При массовом строительстве отдельные воронки сливались, так что уже весь центр города стал погружаться со скоростью 1-2 мм/год. Оседание поверхности, опасное для сооружений, распространялось локально, преимущественно в пойме Москвы-реки и Яузы, на бывших заболоченных или сильно замусоренных участках. Контролировать и регулировать процесс было вполне возможно. Но дополнительно вмешалось еще одно обстоятельство: город стал добывать питьевую воду *“из-под себя”*. Тут уже затрагивался не приповерхностный грунт на глубине нескольких десятков метров, а само основание города - каменноугольные известняки на глубине нескольких сот метров. Снижали уровень глубокие водоносные горизонты, на обширном пространстве изменяли объем и свойства четвертичные пески и супеси, юрские глины и каменноугольные трещиноватые известняки. Пошли нешуточные оседания зданий - Государственной библиоте-

ки, Малого театра, гостиницы “Метрополь”... А еще строительство метрополитена и связанные с ним откачки воды. Свой вклад внесли и вибрации. На некоторых участках скорость оседания достигала 5-14 мм/год [8].



Карта карстовой и карстово-суффозионной опасности на территории Москвы [9].

Категории опасности: 1, 4 - весьма опасная, 2, 5 - опасная, 3, 6 - малоопасная.

Городским службам пришлось приступить к мониторингу и составлять карты погружений каждые пять-восемь лет. Полосы максимального оседания протянулись вдоль долин засыпанных мелких рек, набережных Москвы-реки. Картина оказалась достаточно пестрой, ведь действовали, как минимум, три фактора: откачка вод, прямое вмешательство в подземную среду и строительные нагрузки сверху.

Специальные работы в Москве обнаружили, что при оседании поверхности более 50 мм среднее число деформированных зданий составляло примерно 30 на 1 км² [9]. В 70-80-х годах, когда откачка подземных вод директивно ограничивалась, а строительство метро в центральных районах прекратилось, на многих участках скорость оседания значительно замедлилась.

Теперь опасности оседания подвергаются жилые районы города, возведенные на насыпных грунтах, преимущественно там, где засыпали долины рек и овраги. На таких техногенных площадях скорости оседания достигают 2-3 см/год. Что же происходит ныне, когда растет строительный бум в столице, уже не подчиненный Генеральному плану, только в будущем узнают дети и внуки москвичей.

Что же дальше?

Несколько лет назад в рамках программы "Безопасность Москвы" специалисты из Института геоэкологии РАН составили серию карт природных опасностей. Участки геологического риска по подтоплению, по карстово-суффозионным и оползневым процессам занимают почти половину площади столицы.

Согласно прогнозу, дальнейшее развитие города вызовет активизацию подтопления, особенно в районах новой массовой застройки и в развивающихся промышленных зонах. В Западном, Северо-Западном, Южном и Юго-Западном округах, где широко развиты суглинистые отложения, уровень грунтовых вод может подняться на 5-7 м. А значит, ухудшатся прочностные свойства грунтов, усилятся аварийность, возрастут затраты на ремонт домов и коммуникаций, увеличится загрязнение подземной и наземной среды. Здоровье населения окажется под еще большей угрозой. А если тряхнет очередное Карпатское землетрясение (как в 1940 или 1977 г.)?

Многим кварталам с высотными новостройками значительные повреждения обеспечены. Готовы ли к такому повороту население и жизнеобеспечивающие структуры?

Среди природных процессов, активизируемых антропогенной деятельностью, надо учитывать еще оползневые явления (обычно на крутых берегах Москвы-реки: на Воробьевых горах или в Филях), скопления взрывоопасного метана в подвалах домов и др.

Город будет расширяться. Расти ввысь. И углубляться в землю. Это несомненно. Вопрос в том, будут ли наши знания и инженерные решения расти и углубляться в необходимой пропорции и - заблаговременно. Сие зависит, как показывает практика, не столько от ученых, сколько от структур власть предержащих.

Мы сознательно ограничились природными (хотя и усиленными строительно-хозяйственной деятельностью) опасностями. Как бы ни была проблема серьезна, не будем забывать, что фактор риска (гораздо более высокая смертность и низкая продолжительность жизни в столице по сравнению со средними показателями по стране) определяется опасностями другими, не природными, но созданными руками человеческими: отравленным воздухом, некачественной водой, неконтролируемыми электромагнитными излучениями, радиацией, свалками ядовитых отходов. Поэтому у столичных экологов, изучающих проблему за проблемой, дел не убавляется. Главное, как на заключения специалистов реагирует общественность. Вот характерная цитата из газеты (крупно на первой странице): "Остается надеяться, что прогнозы ученых преувеличены". Надеяться, конечно, необходимо. Но не на просчеты ученых и не на традиционное русское "авось пронесет", а только на собственное - активное и постоянное - противодействие прогнозируемым опасностям.

Литература

1. Орлов М.С. // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1997. Т.72. Вып.5. С.18-25.
2. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Отв. ред. Э.А.Лихачева, Д.А.Тимофеев. М., 2002. Т.2. С.291-640.
3. Современная летопись. Воскресные прибавления к "Московским ведомостям". 1871. 128. С.16.
4. Померанцева И.В., Солодилов Л.Н. Изучение строения и сейсмичности территории г.Москвы на основе метода разведочной сейсмологии // Геоэколог. исслед. и охрана недр. Москва и московский регион: Науч. -техн. информац. сб. 1997. Вып.3. С.44-55.
5. Устинова М.А. История геологического развития положительных структур в пределах Московской синеклизы // Общ. вопр. тектоники. Тектоника России: Мат. совещ. М., 2000. С.538-541.
6. Тимофеев Е.М. Структурно-тектонические особенности территории Москвы и Подмосковья // Природа и природ. особенности г.Москвы и Подмосковья и использ. их в народ. хоз-ве. М., 1984. С.3-11.
7. Никонов А.А. Землетрясения в столице // Природа. 1997. ?9. С.76-84.
8. Пашкин Е.М., Букреев Д.С. Характер проявления линейментной активности в центральной части г. Москвы // Сергеевские чтения. М., 2002. Вып.4. С.250-254.
9. Москва. Геология и город / Под ред. В.И. Осипова и О.П. Медведева. М., 1997.
10. Иоффе А.И., Кожурин А.И. // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1997. Т.72. Вып.5. С.31-35.
11. Демин Н.В., Лыхин А.Г. Закономерности поведения радона в геоактивных зонах г.Москвы // IV Междунар. конф. "Новые идеи в науках о Земле". М., 1999. Т.4. С.26.
12. Макаров В.И., Бабак В.И., Бондаренко В.М. и др. Геодинамически активные зоны и их связь с радоноопасностью на юге Москвы (Чертаново) // Сергеевские чтения. М., 2002. Вып.4. С.226-230.
13. Бабак В.И., Боголюбова Н.П., Воейкова О.А. и др. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2002. 12. С.112-119.