

УДК 624.131

М.Е. КОМАРОВСКИЙ, В.С. ХОМИЧ, Д.Ю. ГОРОДЕЦКИЙ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ г. МИНСКА

The peculiarities of the framework of the Quaternary depositions and relief on the territory of Minsk within the prospective precincts of the city have been revealed, and the structure and intensity of dangerous geological processes have been ascertained and analyzed. The analysis of the geological environment state has made it possible to reveal the five types of regions according to the degree of favourability of the engineering and geological conditions for the development and susceptibility to unfavourable geological processes.

Планирование градостроительного развития г. Минска в соответствии с Генеральным планом города на перспективу до 2030 г. [1] потребовало анализа геолого-геоморфологических условий и проведения районирования территории в пределах перспективной городской черты с точки зрения благоприятности для различных видов градостроительного использования и вероятности развития опасных геологических процессов.

Изучение структуры территории города в пределах перспективной городской черты осуществлялось на основе полевого крупномасштабного геолого-геоморфологического обследования; при картографировании учитывались также фондовые материалы по геологической съемке [2, 3]. В ходе полевых работ анализировалось распространение различных генетических типов и фаций отложений, выяснялся их состав, структурно-текстурные и инженерно-геологические особенности. Были закартированы

площади их распространения и составлена новая геологическая карта четвертичных отложений. Инженерно-геологические особенности пород изучались с использованием известных методических приемов [4]. При оценке геоморфологических условий основное внимание было сосредоточено на морфометрическом и морфогенетическом анализе рельефа. В пределах площадей развития того или иного рельефа анализировались уровни и условия залегания подземных вод, характер их разгрузки [3]. Изучение современных геологических процессов проводилось маршрутным методом с равномерным заложением многочисленных точек наблюдений по площади города, что позволило выявить их структуру и интенсивность протекания, составить карту неблагоприятных геологических процессов.

На изучаемой территории с поверхности повсеместно развиты четвертичные отложения. В субчетвертичном ложе располагается плосковолнистая равнина, сложенная породами мела, девона и неогена. Вдоль долины р. Свислочь она расчленена неглубокой (до 20 м), но широкой (до 2–3 км) ложбиной. Максимальная мощность четвертичных пород (176÷211 м) характерна для западной части Минска, а минимальная (около 122 м) – для юго-востока. Благодаря такому неравномерному распределению мощности западная часть города является более возвышенной, а юго-восточная – относительно пониженной.

В строении четвертичного покрова территории участвуют средне-, верхнеплейстоценовые и голоценовые отложения. Нижнюю часть плейстоценового разреза образует в основном наревская супесчано-суглинистая морена. Сверху она перекрыта шоколадными глинами (5÷25 м) и березинской мореной (до 67 м). На их поверхности залегают песчано-гравийный материал и пески березинского оледенения. В скважинах у Национальной библиотеки и д. Лаперовичи эти отложения в кровле содержат линзы озерно-болотных образований александрийского межледникового горизонта. Березинские поднятия и понижения надстроены сверху моренами и водно-ледниковыми отложениями припятского комплекса мощностью 30÷95 м. В их кровле в ряде западин вскрыты муравинские органогенные супеси и торфы. Верхняя часть четвертичного покрова выполнена отложениями поозерского ледникового и голоценового горизонтов. Поозерский горизонт слагают перигляциальные лессовидные, аллювиальные, склоновые и озерно-болотные образования. Голоценовые осадки развиты локально в пойме р. Свислочь и ее притоков, на заболоченных понижениях, днищах и склонах балок и оврагов, стройплощадках, дорожных насыпях, местах складирования отходов и др.

Поверхность территории г. Минска выстлана отложениями ледниковой, криогенной и термогенной формаций. Ведущее значение имеют образования ледниковой формации, представленные моренными и флювиогляциальными накоплениями сожского оледенения.

Моренные образования слагают ядра самых крупных гряд и холмов в западных и северо-западных районах города. На гребневых участках местами они выходят на поверхность. Ледниковые отложения представлены, как правило, напорной конечной мореной: валунными супесями и суглинками, песками, песчано-гравийно-галечными отложениями и тонкими супесями. Они имеют многочисленные нарушения в виде разрывов, многоэтажных пакетов чешуй, складок и диапиров. Мощность конечных морен изменяется от 10–15 до 75 м. Основные морены выходят на поверхность только в пределах локальных участков вдоль долин рек Свислочь и Тростянка, в микрорайоне Шабаны, а также в гляциодислокациях. Основная морена обычно красно-бурая, супесчаная, грубая, массивная, имеет включения крупнообломочного материала, плитчатые и слоистые текстуры.

Флювиогляциальные отложения покрывают большую часть территории и состоят из фаций супрагляциальных конусов выноса и дельт, приледниковых дельт, зандров, камов и озов. Отложения конусов выноса и дельт насажены на поверхность конечных морен на западе, севере, востоке и в центре города. Конусы выноса и дельты состоят из песчано-гравийно-галечных и песчаных отложений мощностью до 25 м. Эти образования имеют косую слоистость, прослои и линзы мелкозернистого песка и алевролита, иногда основной морены.

Зандры занимают пространства на юго-востоке и востоке города. Долинные зандры вложены в ложбины стока, унаследованные реками Свислочь, Слепня, Лошица и др. Они сложены разнозернистыми песками и песчано-гравийным материалом. В юго-восточной части города зандровые пески приобретают мелкозернистую структуру и параллельную слоистость. Их мощность может достигать 21 м.

Камовые и озовые отложения сосредоточены в районе Заславского водохранилища, где они сгруппированы в холмистые массивы. На остальной части города эти отложения отмечаются в виде одиночных холмов у деревень Кунцевщина, Сухарево, Озерцо или гряд, как, например, у д. Ратомка. Мощность отдельных камовых покрывок не превышает 25 м. Камы и озы сложены косослоистыми, реже – горизонтальными песчаными и песчано-гравийно-галечными отложениями с включениями валунов.

Отложения криогенной формации представлены перигляциальными лессовидными, склоновыми и аллювиальными аккумуляциями мощностью от 0,5 до 9 м. Лессовидные породы распространены в западной половине г. Минска на склонах холмов, гряд и ложбин. Солифлюкционные и делювиальные накопления прослеживаются по склонам и подножьям положительных форм, в пределах понижений. Аллювиальные отложения слагают надпойменную террасу р. Свислочь.

Термогенный комплекс полифациальных отложений также встречается локально и имеет незначительную мощность. В западинах повышенной западной части города, в долинах и озерах залегают озерные и озерно-болотные отложения. Поймы рек выстилают аллювиальные отложения. На днищах ложбин и котловин развиты болота. По нижним частям и подножьям краевых образований, склонам долин, на днищах балок прослеживаются делювиально-пролювиальные отложения. В районах, подвергшихся антропогенному воздействию, широко представлены техногенные отложения: искусственно созданные, грунтовые образования и отходы жизнедеятельности и обитания человека [5].

В геоморфологическом отношении рассматриваемая территория расположена в южной части Минской краевой ледниково-аккумулятивной возвышенности. Эта часть представляет собой Ивенецко-Минский моренный массив [2]. Город и перспективная для его развития территория находятся на восточном склоне Ивенецко-Минского массива в пределах верхнего участка бассейна р. Свислочь.

В рельефе преобладают грядово-увалистые и пологохолмистые формы; он характеризуется сильной расчлененностью ложбинами и балками, субширотным простираем основных его форм. Абсолютные отметки поверхности снижаются от 280 до 182 м в юго-восточном направлении. В ту же сторону уменьшаются и относительные превышения форм рельефа (от 100 до 10 м). Неповторимый облик рельефу придает долинный комплекс сквозной долины р. Свислочь и ее притоков.

По происхождению и морфологии рельефа в пределах города выделено 7 основных типов и более 11 видов форм, в том числе ледниковый, водно-ледниковый, флювиальный, озерный, биогенный, склоновый и антропогенный типы рельефа. Большинство из них имеют ярусное расположение. Верхний ярус (выше 260 м) на западе и северо-западе территории формирует ледниково-гляциотектонический рельеф. Его образуют грядово-холмистые и холмисто-увалистые напорные морены и ложбины выдавливания. Напорные конечные морены простираются через территорию г. Минска в виде нешироких прерывистых субширотно вытянутых полос, а ледниковые ложбины унаследуются субширотными долинами притоков р. Свислочь и Заславским водохранилищем.

К среднему уровню тяготеют супрагляциальные конусы выноса и дельты, камы и озы. Конусы выноса и дельты занимают большую часть города, кроме площадей, расположенных на юго-востоке и вдоль речных долин. Их поверхность постепенно снижается на юго-восток от абсолютных высот 260÷240 м до 200 м. По морфометрии выделяются грядово-увалистый и холмисто-увалистый рельеф.

В нижнем ярусе в интервале высот 220÷180 м расположены зандровые равнины и большинство флювиальных и биогенных форм. Зандры развиты на равнинах у деревень Боровая и Копище, охватывают междуречья Свислочи – Слепни, Лошицы – Свислочи, протягиваются полосой вдоль долины р. Свислочь. Поверхность их слабовсхолмленная, реже пологоволнистая со слабым ($1\div3^\circ$) уклоном к р. Свислочь. Свислочская сквозная долина пересекает территорию с северо-запада на юго-восток и имеет ширину от 0,5 до 5 км, глубину – 20÷25 м. С запада и востока она принимает малые ложбины стока (Цнянскую, Слепянскую, Лошицкую, Дrajненскую и др.), в результате чего образуется густая древовидная сеть ложбин стока.

Балки и овраги расчленяют склоны более высокой западной части города, поля распространения лессовидных пород и придолинные участки, где формируются на поверхностях с уклонами 3° и более. Густота балочного расчленения – от 0,7 до 3,6 км/км². Глубина балок до 15÷18 м, ширина – до 300 м. Продольные уклоны днищ составляют 5÷22 м/км. Речная сеть включает главную долину р. Свислочь и долины рек-притоков. Долины глубиной 5÷20 м, шириной 0,2÷1 км с расчлененными склонами. Почти все их днища занимают поймы. В долине р. Свислочь фрагментами встречается первая надпойменная терраса. Флювиальный рельеф в значительной мере определяет расчлененный облик поверхности города.

Озерный и биогенный рельеф распространен ограниченно на днищах ложбин, в поймах рек и в зарастающих озерах. Болота в основном низинные, с ровной или мелкобугристой поверхностью, в большинстве случаев осушенные. В поймах рек вблизи водохранилищ они нередко подтоплены, со стоячей водой.

Техногенный рельеф встречается в районах, где проводится мелиоративное освоение, строительство, добыча строительных материалов, складирование отходов и др. В результате мелиорации

спрямлены русла рек, изменена их глубина и ширина, засыпаны овраги и ручьи, построены дренажные канавы и насыпи, осушены болота. Построены дамбы водохранилищ и дорожные насыпи. Строительные котлованы тяготеют к районам новостроек. В местах пересечения дорогами гряд и холмов образовались выемки. Крупные карьеры и отвалы грунта находятся в районах добычи песка и гравия. Среди искусственных положительных форм самые крупные – отвалы промышленно-бытовых отходов.

Около 26 % территории г. Минска подвержено неблагоприятным экзогенным геологическим процессам (ЭГП). Основные тенденции в развитии геологической структуры определяются несколькими ведущими процессами с наибольшей площадью распространения – овражной эрозией, склоновой эрозией и аккумуляцией, суффозией, подтоплением и заболачиванием, речной эрозией, оползнями, обвалами и осыпями. Опасность процесса оценивалась по интенсивности протекания, площади распространения и результатам. Количественным показателем оценки интенсивности проявления ЭГП являлся площадной или линейный коэффициент пораженности территории процессом.

Овражной эрозии подвержено около 3 % территории преимущественно в западных, юго-западных и южных районах. Свежие овраги, промоины и рытвины встречаются у деревень Тарасово, Кунцевщина, Дегтяревка и Сухарево, на склонах долин рек. Скорость их роста составляет от десятков сантиметров до 1,5 м в год.

Склоновой эрозией и аккумуляцией поражено около 15 % территории. Наиболее интенсивно процессы проявляются в возвышенных районах с расчлененным рельефом, распространением лессовидных пород и густой ложбинно-балочной сети. Здесь они характерны для склонов гряд и холмов, ложбин стока и долин крутизной $3\div 5^\circ$ и более. Плоскостной смыв приводит к удалению верхнего слоя грунта, покрытию склонов густой сетью борозд и промоин. Аккумуляция рыхлого материала происходит в нижних частях и у подножий склонов. Часто формируются делювиальные склоны, плащи и шлейфы мощностью до 1,8 м.

Подтоплением и заболачиванию подвержено около 8 % территории. Процесс подтопления интенсивно развивается у пос. Ждановичи, в микрорайонах Веснянка, Центральный и Чижовка из-за наличия здесь крупных водохранилищ. В долинах, ложбинах и балках подтоплению содействует высокий уровень залегания грунтовых вод. Заболачивание происходит по окраинам города: в ложбинах у д. Ржавец, пос. Ждановичи, севернее микрорайона Зеленый Луг, в Уручье, в долинах р. Свислочь и ее притоков и др. Здесь распространены болота и идет накопление торфа.

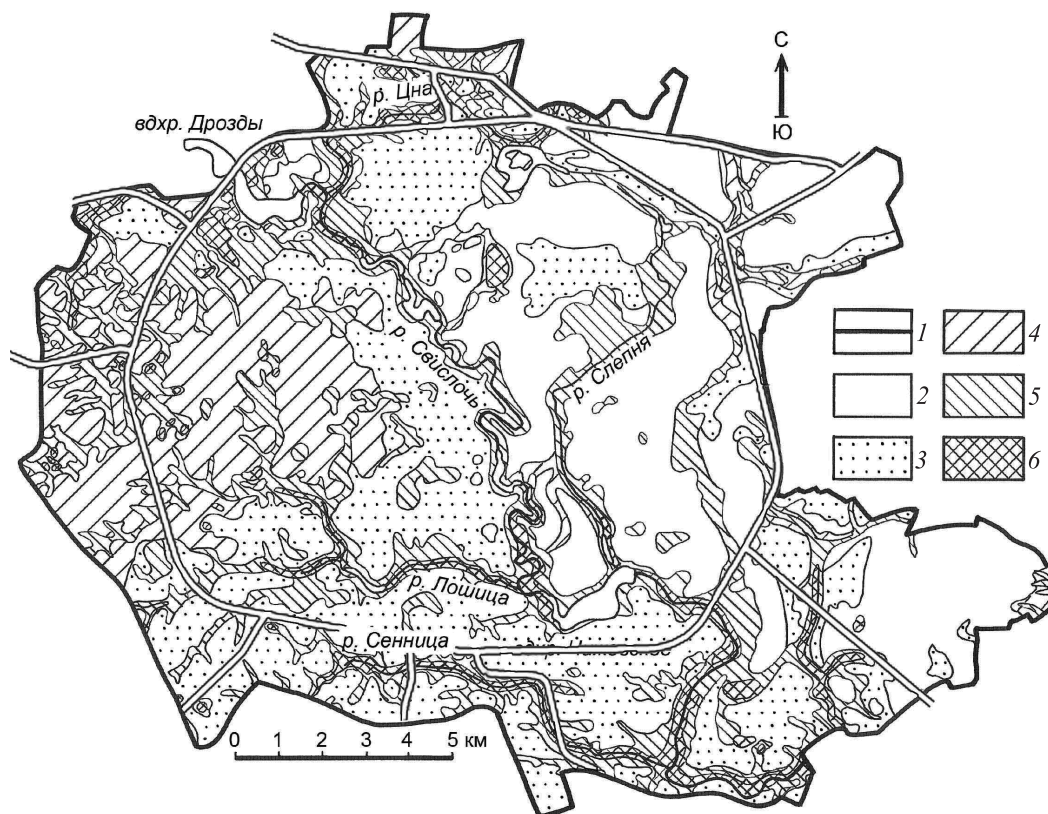
Суффозия получила распространение в лессовидных породах на возвышенных слабосхолмленных поверхностях на перспективных для развития города территориях, расположенных к западу и юго-западу от МКАД. Суффозия выражается в образовании суффозионных блюдечек и воронок на поверхности. Остальные опасные геологические процессы (ОГП) имеют ограниченное распространение.

Для проектирования строительства в границах города и на перспективных для его расширения территориях проведено районирование по степени сложности инженерно-строительных условий и подверженности неблагоприятным геологическим процессам. Выбор критериев, используемых для районирования, определялся особенностями инженерно-геологических условий. Учитывались геологическое строение верхних горизонтов горных пород, их инженерно-геологические свойства и геоморфологические особенности территории, гидрогеологические условия, структура и интенсивность ОГП. Выделено пять типов районов, различающихся по степени сложности инженерно-строительных условий освоения и подверженности неблагоприятным геологическим процессам (рисунок).

Наиболее благоприятные для строительства и не подверженные ОГП районы – Первомайский, Партизанский и Советский – занимают 25 % территории города. Они находятся на плоских, пологоволнистых или слабосхолмленных зандровых равнинах, имеют минимальную глубину (до 45 м) и густоту расчленения (до $1 \text{ км}/\text{км}^2$). Склоны пологие, крутизной не более 3° . Грунтовые воды находятся на глубине 5 м и более. Проявляется очень слабая денудация. На склонах ложбин развиты овражная эрозия и аккумуляция. Вдоль тальвегов возрастает опасность подтопления.

Благоприятные для строительства и слабо подверженные ОГП – Октябрьский и Московский районы. Они охватывают 31 % площади города и приходятся на возвышенные слабосхолмленные и пологоволнистые флювиогляциальные дельты. Глубина и густота расчленения – до 62 м и $1,6 \text{ км}/\text{км}^2$ соответственно. Поверхность сложена разнозернистыми песками. В Московском районе присутствуют лессовидные породы. Грунтовые воды залегают на глубинах от 3–5 до 14 м. Ведущими ОГП являются поверхностный смыл, линейная эрозия и аккумуляция. Эрозия протекает слабо. К сопутствующим ОГП необходимо отнести суффозию на водоразделах, подтопление и заболачивание днищ ложбин и долин.

К пригодным для строительства, но подверженным ОГП не катастрофического характера, отнесен Фрунзенский район (16 %). Для него характерны холмисто- и грядово-увалистый рельеф конусов выноса и дельт с максимальными абсолютными высотами и расчлененностью, средние по крутизне склоны ($10\div 15^\circ$). Глубина и густота расчленения – 69 м и $0,6 \text{ км/км}^2$ соответственно. С поверхности здесь почти повсеместно развит покров лессовидных отложений, залегающий на песках, песчано-гравийных и песчано-гравийно-галечных отложениях. Грунтовые воды вскрываются на глубинах порядка $14\div 19$ м. Озерность района 0,03 %. Преобладают линейная и плоскостная эрозия и аккумуляция. Потенциально опасна суффозия.



Карта районирования территории г. Минска по степени сложности инженерно-строительных условий освоения и подверженности неблагоприятным геологическим процессам: 1 – перспективная граница г. Минска; 2 – районы, наиболее благоприятные для строительства и не подверженные ОГП; 3 – районы, благоприятные для строительства и слабо подверженные ОГП; 4 – районы, пригодные для строительства, но подверженные ОГП не катастрофического характера; 5 – районы, условно пригодные для строительства, подверженные относительно ОГП; 6 – районы, непригодные для строительства и возможного возникновения катастрофических инженерно-геологических процессов

Районы, условно пригодные для строительства и подверженные относительно ОГП, – днища ложбин стока, участки надпойменной террасы р. Свислочь, глубоко расчлененные полосы при долинах, склоны крутизной $12\div 15^\circ$, балки. Чаще всего они встречаются в Ленинском и Фрунзенском районах (21 %) и являются эрозионно опасными. Глубина и густота расчленения – 43 м и $5,6 \text{ км/км}^2$ соответственно. Преобладают овражная эрозия и плоскостной смыв, аккумуляция делювия. Для днищ ложбин и террасы характерны процессы подтопления и заболачивания.

Районы, непригодные для строительства и возможного возникновения катастрофических геологических процессов, охватывают 7 % площади города, в основном в Заводском районе. Это высокие склоны долин, ложбин и балок, растущие овраги, поймы рек, озерные котловины, болота, прибрежные зоны водохранилищ, свалки и накопители шламов и ила. На высоких и крутых склонах в долине р. Свислочь южнее МКАД, вдоль нижних отрезков долин Лошицы и Сенницы, верховьев балок и оврагов на западе территории активно развиваются овражная эрозия, плоскостной смыв и накопление у их подошвы и в устьях делювиально-пролювиального материала. Оползни, обвалы и осыпи отмечены на крутых склонах долин рек и оврагов, городских свалок и карьеров. В пределах озерных котловин, болотных массивов и пойм очень ОГП являются заболачивание, неравномерные осадки грунта, велика возможность возникновения плывунов.

Таким образом, выявлены особенности строения четвертичных отложений и рельефа на территории г. Минска в пределах перспективной городской черты, установлена и проанализирована структу-

ра и интенсивность протекания ОГП. Анализ состояния геологической среды позволил выделить пять типов районов по степени благоприятности инженерно-геологических условий для освоения и подверженности неблагоприятным геологическим процессам. Проведенная оценка будет способствовать принятию приемлемых решений при планировании градостроительного развития г. Минска.

1. Колонтай А. // Архитектура и строительство. 2003. № 1. С. 7.
2. Комаровский М. Е. Минская и Ошмянская возвышенности. Мн., 1995. С. 128.
3. Губин В. Н., Ковалев А. А., Коркин В. Д., Комаровский М. Е. Геоэкология Минского региона. Мн., 2005. С. 116.
4. Сергеев Е. М. Инженерная геология. М., 1982. С. 350.
5. Котлов Ф. В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М., 1977. С. 163.

Поступила в редакцию 29.12.08.

Михаил Евгеньевич Комаровский – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры динамической геологии.
Валерий Степанович Хомич – доктор географических наук, заместитель директора Института природопользования НАН Беларуси.

Дмитрий Юрьевич Городецкий – младший научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси.