

УДК 550.8.05(470.54-25)

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩИЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «ПАССАЖ», Г. ЕКАТЕРИНБУРГ)**Абатурова И.В., Савинцев И.А., Стороженко Л.А., Корчак С.А.***ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург,**e-mail: gingeo@mail.ru*

В районах точечной застройки у изыскателей и проектировщиков возникает необходимость еще на стадиях проекта дать прогноз развития инженерно-геологических процессов и учесть их влияние на уже сформированные природно-технические системы. Анализ инженерно-геологических условий проектируемого сооружения позволил установить, что в его пределах получили развитие следующие геологические процессы: выветривание, трещиноватость, подтопление, изменение динамического режима подземных вод, что в свою очередь обуславливает развитие процессов суффозионного выноса, проседания и обрушения земной поверхности. Процесс выветривания в пределах изучаемой площадки развит повсеместно и приводит к формированию специфических грунтов – элювия, характеризующегося неоднородностью строения и физико-механических свойств. Выполнено изучение и оценка процесса выветривания для установления закономерностей распространения элювиальных грунтов, вертикальной зональности, изменения физико-механических свойств грунтов, в пределах выделенных инженерно-геологических зон, а также прогноз возможных сценариев поведения их при техногенном воздействии. Элювиальные образования представлены двумя основными видами выветривания: физическим и химическим, с преобладанием первого. В вертикальном профиле кор выветривания выделены обломочная и трещинная зоны, граница между которыми имеет неровный характер. На основе комплексной оценки строения, состава и свойств пород, а также степени проработки процессом выветривания в массиве пород выделены 5 классов устойчивости. Спрогнозирована возможность проявления суффозионных процессов в естественных условиях и их активизации при изменении гидродинамического режима.

Ключевые слова: прогноз развития инженерно-геологических процессов, анализ инженерно-геологических условий, влияние на здания и сооружения, прогноз устойчивости массива, выветривание, суффозия

FORECAST FOR THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING-GEOLOGICAL PROCESSES AND THEIR INFLUENCE ON THE SURROUNDING BUILDINGS (FOR EXAMPLE SHOPPING CENTRE PASSAGE EKATERINBURG)**Abaturova I.V., Savintsev I.A., Storozhenko L.A., Korchak S.A.***Ural State Mining University, Ekaterinburg, e-mail: gingeo@mail.ru*

In regions of pointed building researchers and designers have a need on project stages to give the forecast of development of engineering-geological processes and to consider their influence on already created natural and technical systems. The analysis of engineering-geological conditions of the projected construction allowed to set that in its limits the following geological processes gained development: aeration, cracking, flooding, change of the dynamic mode of underground waters that in turn causes development of suffozionny carrying out, a flash and the collapse of the land surface. Process of aeration within the studied site is developed everywhere and leads to formation of specific soil – an elyuviya, the structure which is characterized non-uniformity and physicommechanical properties. The study and process evaluation of aeration for establishment of regularities of distribution of eluvial soil, vertical zonality, change of physicommechanical properties of soil, within the selected engineering-geological zones, and also the forecast of possible scenarios of their behavior is executed in case of technogenic influence. Eluvial educations are provided by two main types of aeration physical and chemical with dominance of the first. In a vertical profile of box of aeration detrital and fracture zones between which boundary has inconsequential character are selected. On the basis of complex assessment of a structure, composition and properties of breeds and also study levels are selected with process of aeration in an array of breeds 5 classes of stability. The possibility of manifestation of suffozionny processes under natural conditions, and their activation in case of change of the hydrodynamic mode is predicted.

Keywords: forecast of development of engineering-geological processes, analysis of engineering-geological conditions, influence on buildings and constructions, forecast of stability of the massif, aeration, suffosion

В последние годы в городе бурно развивается строительство с элементами точечной застройки. И здесь изыскателям и проектировщикам приходится сталкиваться с особыми условиями, так как предполагаемое строительство будет осуществляться во вновь сформированной и существующей

уже десятки лет природно-технической системе. Поэтому и возникает необходимость еще на стадиях проекта дать прогноз развития инженерно-геологических процессов и учесть их влияние на уже сформированные природно-технические системы. Любой проект требует тщательного и внима-

тельного подхода. Принятие обоснованных и верных проектных решений возможно лишь после тщательного изучения инженерно-геологических условий, их прогноза, построения инженерно-геологической модели и разработки системы геодинамического мониторинга [1].

Цель исследования: прогноз развития и влияния инженерно-геологических процессов на окружающие здания и сооружения.

Материалы и методы исследования

В административном отношении торговый центр «Пассаж» находится в квартале ул. Вайнера – пр. Ленина – пер. Банковский – пер. Театральный в Ленинском районе г. Екатеринбург.

В геоморфологическом отношении участок располагается в пределах погребенной под насыпными грунтами аккумулятивной террасы р. Исеть и водораздельной части коренного склона. Площадка расположена в центральной исторической части города.

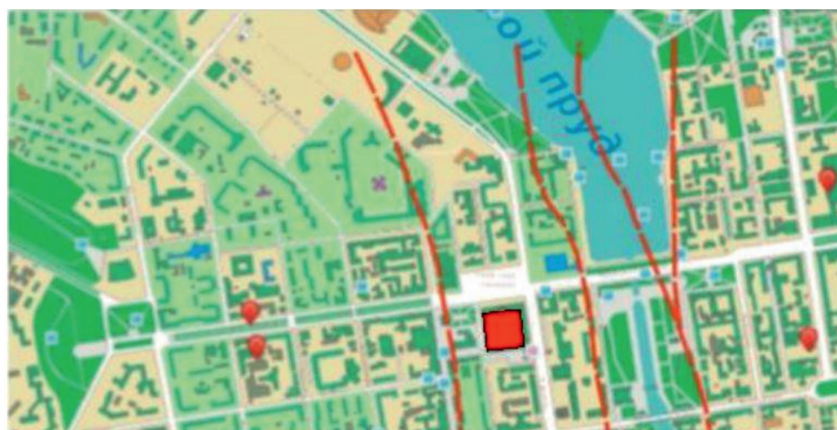
В геологическом отношении (Б.И. Кузнецов) исследуемая площадка приурочена к Балтымскому габбровому массиву, контактирующему с метаморфическими породами силурийского возраста. Площадка характеризуется неглубоким залеганием кровли скальных грунтов. В пределах исследованного разреза коренные породы не представляют собой единый однородный

массив, а в силу процессов физического и химического выветривания он разбит трещинами на системы блоков. По степени выветрелости габбровые породы подразделяются на сильновыветрелые, выветрелые и слабывветрелые с развитием активной трещиноватости.

Площадка расположена в зоне прохождения второстепенных ветвей тектонического разлома с системой мелких тектонических трещин, которые могут проявлять некоторую активность на современном этапе (рис. 1). Территории исследованного участка присуща современная геодинамическая подвижность.

В гидрогеологическом отношении рассматриваемая территория расположена в пределах Восточно-Уральской гидрогеологической области групп бассейнов коровых вод, выделяемых в составе провинции Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых вод. Региональным развитием здесь пользуются подземные воды с трехчленным строением разреза водовмещающих коллекторов по типу проницаемости: поровым, трещинным и трещинно-жильным.

На исследуемой площадке трещинная и трещинно-жильная водоносные зоны образуют горизонт подземных коровых вод, приуроченный к трещиноватой зоне регионального выветривания коренных пород, гидравлически связанный с бассейном р. Исеть и ее притоков.



Условные обозначения:



-  Линии разломов
-  Контур площадки проектируемого строительства

Рис. 1 Фрагмент геотектонической карты листа О-41-110А (г. Екатеринбург)

Режим грунтовых вод полностью отражает условия их питания. Самый низкий уровень вод наблюдается в конце зимнего периода (март), высший – в конце апреля – начале мая в долинах рек и в июле-августе – на склонах и крутых возвышенностях. Амплитуда колебания уровней в долинах рек 1,0–1,5 м, на склонах водоразделов и на самих водоразделах – 1,5–5,0 м и более [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ инженерно-геологических условий проектируемого сооружения позволил установить, что в его пределах получили развитие следующие геологические процессы: выветривание, трещиноватость, подтопление, изменение динамического режима подземных вод, что в свою очередь обуславливает развитие процессов суффозионного выноса, проседания и обрушения земной поверхности [3].

Процесс выветривания приводит к формированию специфических грунтов – элювия, характеризующегося неоднородностью строения и физико-механических свойств. Наличие в строении разреза основания проектируемого сооружения элювиальных грунтов может привести к росту значений величин вертикальных и горизонтальных осадок земной поверхности и, как следствие, к формированию обрушений в бортах котлована.

Целью изучения и оценки процесса выветривания на объекте является установление закономерностей распространения элювиальных грунтов, вертикальной зональности, изменения физико-механических свойств грунтов, в пределах выделенных инженерно-геологических зон, а также прогноз возможных сценариев поведения их при техногенном воздействии [4]. Процесс выветривания в пределах изучаемой площадки развит повсеместно. Продуктами выветривания являются элювиальные грунты (ИГЭ-2, ИГЭ-3, ИГЭ-4, ИГЭ-5, ИГЭ-6), образовавшиеся по меланократовому габбро. Сформировавшиеся коры выветривания древние (eMz), площадные.

Элювиальные образования представлены двумя основными видами выветривания: физическим и химическим, с преобладанием первого. В вертикальном профиле кор выветривания выделены следующие зоны: обломочная, представленная щебенистыми грунтами габбро зеленовато-бурого, зеленого цвета. Щебень малопрочный, ломается руками, по массе и поверхности интен-

сивно ожелезнен. Заполнителем является супесь пылеватая с содержанием 15–40%. Мощность вскрытых пород 0,4–2,5 м; трещинная, представлена габбро меланократовым различной степени трещиноватости и выветрелости. До глубины 7,0 м порода интенсивно трещиноватая. Трещины открытые. Выделяется два типа заполнителя трещин: супесчаный, приводящий к ослаблению массива пород; кварцевый в виде прожилков мощностью от 0,5–0,8 см (укрепляющий массив).

Кроме того, по поверхностям трещин развиты гидроокислы железа, хлориты. Ниже глубины 7,0–9,0 м интенсивность трещиноватости уменьшается, вместе с этим уменьшается и количество гидроокислов железа.

Обследование стенок котлована (рис. 2) показало, что в пределах северной стенки на глубине 3,0–3,5 м прослеживается система крутопадающих трещин с падением на юг. Наличие таких трещин разбивает массив на блоки размером до 20–30 см. Поверхности трещин ожелезнены и могут являться поверхностями ослабления [5].

Закономерности распространения элювиальных грунтов хорошо видны в северной и западной стенках котлована (рис. 3). Граница между обломочной и трещинной зонами имеет неровный характер с формированием карманов, выполненных рухляком.

В нашем случае влияние процесса выветривания может рассматриваться по двум различным сценариям развития негативных последствий.

Элювиальные грунты будут слагать стенки котлована. В первом случае при вскрытии котлована грунты обломочной зоны и рухляки могут потерять устойчивость. В этом случае на таких участках возможно образование обрушений и осыпей. При нарушении устойчивости пород трещинной зоны возможно образование обрушений.

Во втором случае при долгом простаивании котлована в открытом виде длительное время может произойти потеря прочности, что приведет к снижению несущей способности грунтов. Степень трещиноватости с глубины 9,0 м резко уменьшается.

Возможными зонами развития инженерно-геологических процессов будут являться участки залегания: техногенных грунтов (ИГЭ-1); щебенистых грунтов (ИГЭ-2); сильновыветрелых скальных грунтов (ИГЭ-3); сильнотрещиноватых скальных грунтов (ИГЭ-4).

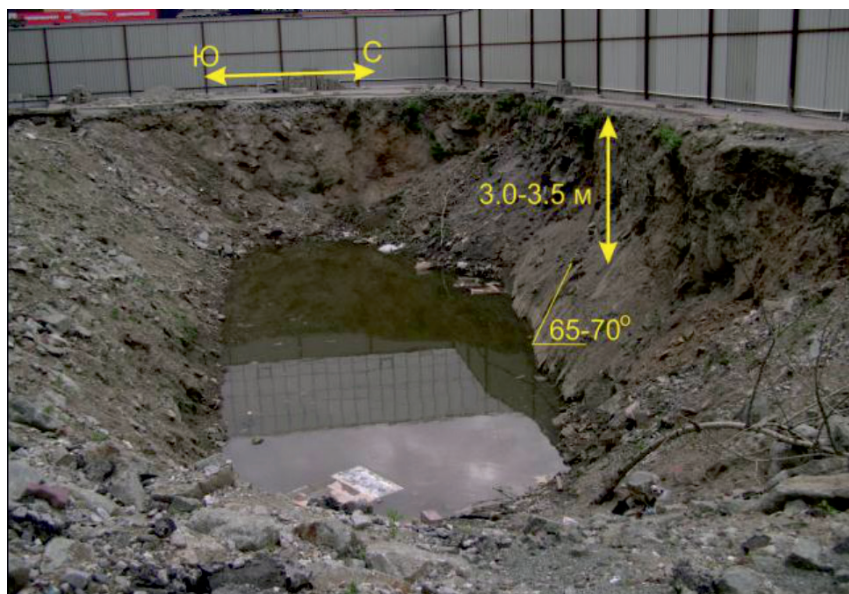


Рис. 2. Общий вид котлована

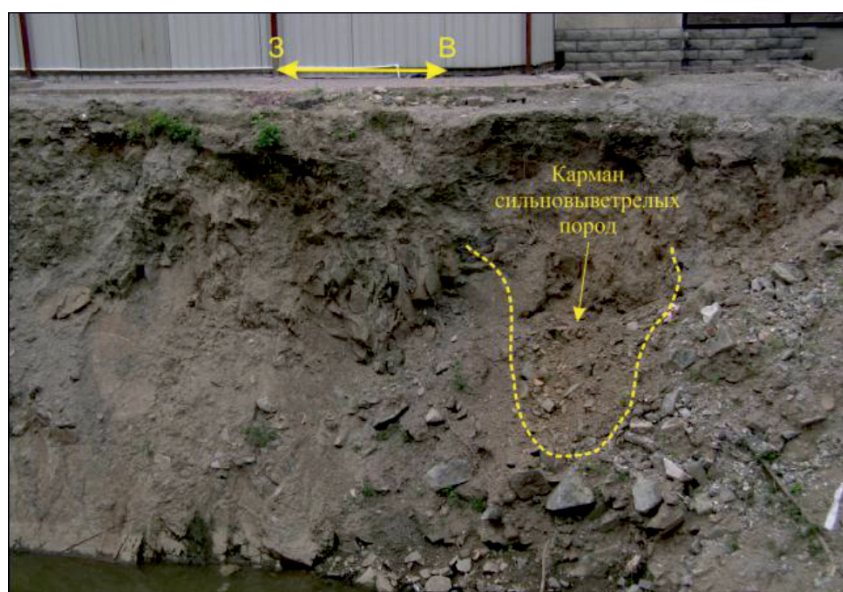


Рис. 3. Неравномерный характер залегания кровли скальных грунтов в пределах северной стенки котлована

Логическим завершением изучения и оценки степени выветривания и характера трещиноватости массива пород является оценка его устойчивости и прогноз развития опасных и неблагоприятных инженерно-геологических процессов.

Прогноз устойчивости массива пород слагающего борта котлована выполнен на основании многопараметрической классификации Н.С. Булычева. Однако, ввиду неполноты данных о характере и степени

трещиноватости массива пород основания проектируемого объекта, по ряду параметров, входящих в интегральную оценку устойчивости, был задействован метод аналогий. На основе комплексной оценки строения, состава и свойств пород, а также степени проработки процессом выветривания в массиве пород выделены 5 классов устойчивости.

Устойчивые породы (I–II класс) представлены габбро средней прочности

(ИГЭ-5) и прочными (ИГЭ-6), слабыветрелыми. Опасные геологические процессы в породах данного класса не прогнозируются. Породы средней устойчивости (III класс) представлены малопрочным габбро (ИГЭ-4), выветрелым. В породах данного класса возможно сползание блоков, осыпей. Неустойчивые породы (IV класс) сложены габбро пониженной прочности, сильно-выветрелым (ИГЭ-3) – рухляк. В породах данного класса возможно сползание блоков, обрушения. Весьма неустойчивые породы (V класс) представлены щебенистыми грунтами по габбро (ИГЭ-2), с супесчаным заполнителем от 15 до 40% и насыпным грунтом (ИГЭ-1). Порода неустойчивая – при вскрытии котлованом будут отмечаться осыпи, а при замачивании бортов возможно развитие оплывин.

Трещиноватость пород и неоднозначный характер её проявления привели к неоднородности и анизотропности массива пород и невозможности перенесения лабораторных значений показателей физико-механических свойств на массив без учета «масштабного» эффекта, проявление которого выражается в уменьшении средних значений прочностных свойств с увеличением объёма исследуемых пород. Для однородных, слаботрещиноватых пород эти изменения носят незначительный характер, а для сильнотрещиноватых необходим учет влияния «масштабного эффекта» [6].

Ориентировочные углы заложения бортов котлована на глубину вскрытия до 16 м приведены в таблице.

Анализ гидрогеологических условий и моделирование динамики уровня грунтовых вод в процессе сооружения котлована установили, что на локальных участках возможна активизация процессов суффозионного выноса [7].

Проявление суффозии приведёт к формированию участков разуплотнения в ще-

бенистых грунтах в результате механического выноса мелкодисперсных частиц при организации строительного водопонижения в момент проходки котлована и эксплуатации здания «Пассажа».

Для оценки способности грунтов противостоять поровой суффозии использовались разработки ВНИИГ имени Б.Б. Веденеева, Н.М. Бочкова, В.С. Истоминой. Согласно этим методикам потоком подземных вод выносятся наиболее мелкие фракции (< 0,05 мм). При этом устойчивость грунтов сохраняется, если их количество не превышает 5% массы грунта [5].

Кроме того, установлено, что суффозия развивается преимущественно в грунтах с коэффициентом неоднородности (K_d) гранулометрического состава более 20, и при наличии гидравлического градиента более 0,3. Крайне редко суффозии подвержены грунты с коэффициентом неоднородности гранулометрического состава 3–20 и гидравлическим градиентом 0,3–1 [5]. Анализ неоднородности гранулометрического состава щебенистых грунтов площадки строительства установил, что они в большинстве своем (ИГЭ-2) являются крайне неустойчивыми, так как $K_d > 20$. Дресвяный грунт относится к категориям суффозионно-устойчивого и суффозионно-неустойчивого ($K_d = 6,0–28,6$).

Выводы

Наличие элювиальных грунтов, являющихся продуктами выветривания, требует тщательного изучения ввиду возможности появления негативных последствий.

Наиболее подвержены развитию инженерно-геологических процессов – щебенистый грунт габбро (ИГЭ-2), с супесчаным заполнителем и насыпной грунт (ИГЭ-1). Они являются весьма неустойчивыми и имеют наименьший угол заложения бортов проектируемого котлована.

Ориентировочные углы наклона стенок проектируемого котлована на глубину отработки 16 м

Характеристика горных пород	Мощность вскрываемых пород, м	Пространственная ориентация стенок котлована		
		Северная стенка	Южная стенка	Западная и восточная стенка
Весьма неустойчивые (V класс)	<3,5	До 45	До 45	До 45
Неустойчивые (IV класс)	<1,0	60–62	71–74	67–70
Средней устойчивости (III класс)	< 2,0	65–68	73–76	71–74
Устойчивые (I–II класс)	< 11,5	67–70	78–81	73–76

Установленные значения гидравлических градиентов (0,001–0,011) свидетельствуют о невозможности проявления, как в естественных условиях, так и при повышении уровня грунтовых вод, процессов суффозии, так как их значения значительно меньше начальных условий развития суффозии. Это указывает на невозможность проявления механической суффозии при строительном водопонижении в момент проходки котлована.

Список литературы

1. Абатурова И.В. Проблемы получения геологической информации при проведении инженерно-геологических изысканий / И.В. Абатурова, Л.А. Стороженко, И.А. Королёва, И.Г. Петрова // 13th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2017. Extended Abstracts, 32369. DOI: 10.3997/2214-4609.201700376.
2. Факторы инженерно-геологических условий города Екатеринбурга / О.Н. Грязнов [и др.] // Известия Уральского государственного горного университета. – 2015. – № 3 (39). – С. 5–20.
3. Дубейковский С.Г. Инженерно-геологические условия высотного строительства в г. Екатеринбурге / С.Г. Дубейковский, О.Н. Овечкина // Инженерная геология. – 2011. – № 4. – С. 32–41.
4. Stille H., Palmstrom A. Ground behaviour and rock mass composition in underground excavations // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2008. – Т. 23, № 1. – С. 46–64.
5. Овечкина О.Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: дис. ... канд. геол.-минерал. наук – Екатеринбург: УГГУ, 2013. – 159 с.
6. Численное моделирование строительства зданий с фундаментами глубокого заложения в условиях плотной

городской застройки / А.Н. Власов [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 2. – С. 170–179.

7. Jiang H. 31. Influence of High Precision SAR on the Research of Hydrogeology and Engineering Geology // Boletín Técnico. – 2017. – Т. 55, № 20. – С. 223–229.

References

1. Abaturova I.V. Problemy` polucheniya geologicheskoy informacii pri provedenii inzhenerno-geologicheskix izyskanij / I.V. Abaturova, L.A. Storozhenko, I.A. Korolyova, I.G. Petrova // 13th Conference and Exhibition Engineering Geophysics 2017. Extended Abstracts, 32369. DOI: 10.3997/2214-4609.201700376.
2. Faktory` inzhenerno-geologicheskix uslovij goroda Ekaterinburga / O.N. Gryaznov [i dr.] // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. – 2015. – № 3 (39). – pp. 5–20.
3. Dubejkovskij S.G. Inzhenerno-geologicheskie usloviya vy`сотного stroitel'stva v g. Ekaterinburge / S.G. Dubejkovskij, O.N. Ovechkina // Inzhenernaya geologiya. – 2011. – № 4. – pp. 32–41.
4. Stille H., Palmstrom A. Ground behaviour and rock mass composition in underground excavations // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2008. – Т. 23, № 1. – pp. 46–64.
5. Ovechkina O.N. Ocenka i prognoz izmeneniya sostoyaniya geologicheskoy sredy` pri tehnogennom vozdejstvii zdaniy vy`сотной konstrukcii v predelax goroda Ekaterinburga: dis. ... kand. geol.-mineral. nauk – Екатеринбург: UGGU, 2013. – 159 p.
6. Chislennoe modelirovanie stroitel'stva zdaniy s fundamentami glubokogo zalozheniya v usloviyax plotnoj gorodskoj zastrojki / A.N. Vlasov [i dr.] // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politexnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arxitektura. – 2014. – № 2. – pp. 170–179.
7. Jiang H. 31. Influence of High Precision SAR on the Research of Hydrogeology and Engineering Geology // Boletín Técnico. – 2017. – Т. 55, № 20. – pp. 223–229.