
doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.02.068>

УДК 551.24 (477)

Н.Н. Шаталов

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли
Института геологических наук НАН Украины”, Киев
E-mail: shatalov@casre.kiev.ua

Тектонические предпосылки техногенно-природной катастрофы в городе Днепр

Представлено академиком НАН Украины Е.Ф. Шнюковым

Анализ аэрокосмической, структурно-геологической, геоморфологической и наземной информации свидетельствует о четком проявлении в южной части г. Днепр современных дифференцированных тектонических движений земной коры с 1960 г. по настоящее время. Пространственно-временная инверсионная активность разломов отражает динамику геоблоков кристаллического фундамента и осадочного чехла на этапе современного рельефообразования, формирование овражно-балочной сети и деструкции плато. Установлено, что активизация преимущественно вертикальных тектонических движений четко коррелируется с активными оползневыми процессами в балках Встречная, Тоннельная и Евпаторийская. Современная тектоническая активность блоковых структур фундамента и осадочного чехла, возведение крупной городской агломерации и перегрузка водораздельного плато человеком привели к техногенно-природной катастрофе на ж/м Тополь-1 в июне 1997 г.

Ключевые слова: *тектоника, космоснимки, межбалочное плато, лессы, оползень, катастрофа.*

Более двадцати лет назад, 6 июня 1997 г. в Днепропетровске (ныне г. Днепр) произошла масштабная техногенно-природная катастрофа. В результате гигантского оползня на жилом массиве (ж/м) Тополь-1 были полностью разрушены 9-этажный жилой дом, школа, два детских сада, множество гаражей и других хозяйственных построек, погиб человек и пострадало 2000 жителей. Городу Днепр и Украине в целом был нанесен значительный материальный ущерб. В частности, техногенно-природная катастрофа в итоге лишила г. Днепр нескольких гектаров жилой застройки и нанесла прямых и не прямых убытков более чем на \$150 млн [1–7].

Крупный ж/м Тополь-1 расположен в южной части г. Днепр в своеобразном географическом треугольнике, ограниченном Запорожским шоссе с востока, ул. Панихахи с юга и железнодорожной веткой на Апостолово с северо-запада (рис. 1). Возведение ж/м Тополь-1 в г. Днепр началось в конце 1960-х гг. на восточном склоне Встречной балки, вблизи ж/д станции “Встречная”. При возведении высотных домов были грубо нарушены нормы и тех-

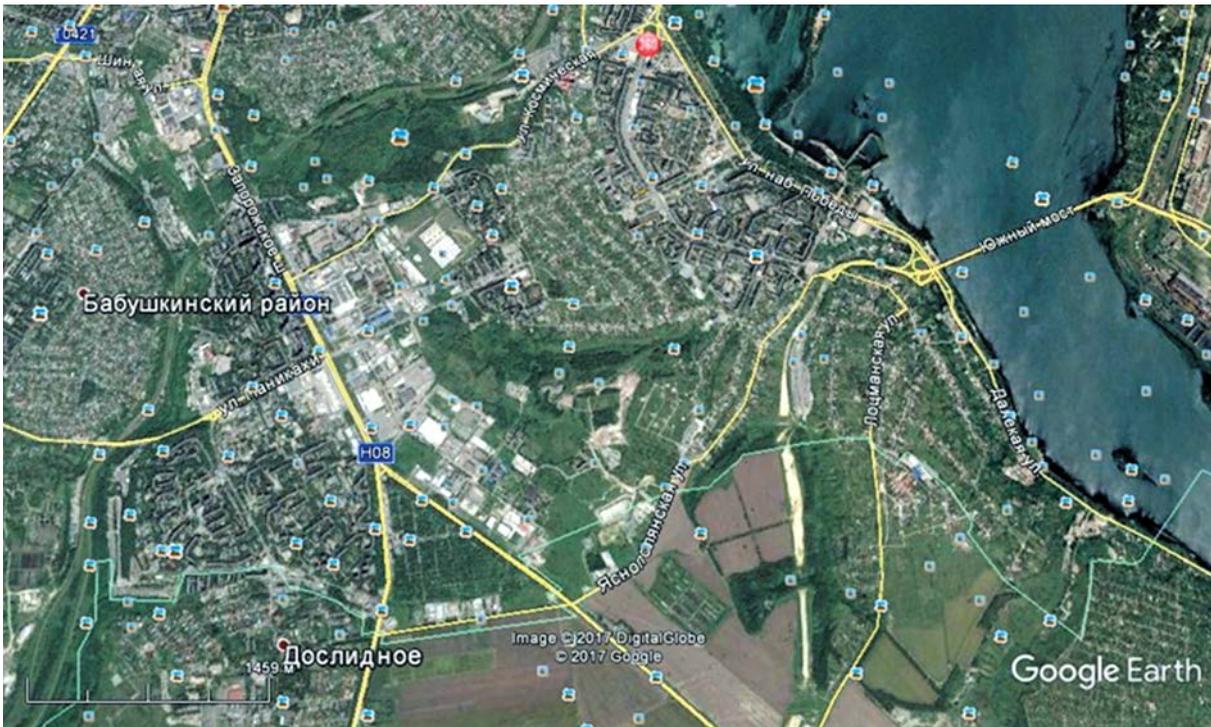


Рис. 1. Космический снимок системы “LANDSAT” (16.04.2016 г.) южной части г. Днепр. На снимке четко дешифрируются овражно-балочная сеть правобережья р. Днепр и расположение гигантского оползня на ж/м Тополь-1

нологии строительства: вместо свайных фундаментов применен метод по замачиванию просадочной толщи в два этапа через скважины глубиной до 30 м; для устройства грунтовой подушки мощностью 3 м здесь разрабатывали и трамбовали местные тяжелые суглинки; все жилые кварталы домов были сданы в эксплуатацию без необходимых внешних систем инженерной защиты и централизованного отвода ливневых вод [2]. В последующие годы в западном направлении довольно плотно и интенсивно застраивался весь склон Встречной балки, вплоть до р. Бэльба.

В начале июня 1997 г. на ж/м Тополь-1 в результате проливных дождей за короткий период значительные объемы воды просочились в грунт, что привело к повышению уровня грунтовых вод. Дождевая вода разрыхлила лессы не только с поверхности, но и на глубину. На склонах межбалочного плато создалось предельное геодинамически напряженное состояние в лессовых грунтах. В будущем эпицентре оползня собралось почти 10 млн м³ разжиженной вязкой грязи, которая с большой скоростью (по типу гидравлического прорыва) вырвалась на поверхность в нижней части склона Встречной балки, образовав под домами и гаражами пустоты. Под напором грунтовой “селевой реки” 6 июня 1997 г. в 4 часа утра вблизи ж/д станции “Встречная” сразу же ушли под землю несколько десятков гаражей и сотни деревьев. Затем тело оползня-селя поглотило подсобные строения дошкольного комбината. Грунтовая сель со склона сползала преимущественно к ж/д полотну и строениям станции “Встречная”. Балка Встречная и защитный 30-метровый ров, по дну которого протекает р. Бэльба, стал местом складирования селевых потоков грунта с обломками зданий. Со ско-

ростью примерно 25 м/ч, образуя провалы и воронки глубиной более 20 м, грязевой оползень-поток начал распространяться вверх, стремительно разрушая и как бы “всасывая” в себя склон. За 40 минут 9-этажный кирпичный дом № 22 обрушился в цирк оползня, т. е. массиво суглинков и лессов, обильно насыщенных грунтовыми и дождевыми водами. К 18.00 капитальное, очень добротное кирпичное здание школы № 99 обрушилось в цирк оползня. Через полчаса был уничтожен детский сад, расположенный вблизи школы. После этого скорость селевого потока стала постепенно спадать до полной остановки. К концу дня на склоне балки Встречная в грунтах постепенно наступило геодинамическое равновесие. К 20 часам здесь было видно лишь огромную воронку с растекшимся лессовым грунтом, в котором плавали остатки конструкций рухнувших гаражей, автомашин, деревьев и зданий. Установлено, что общая площадь тела оползня составила более 4 га (рис. 2, а, б). Три рядом расположенных многоэтажных жилых дома попали в зону влияния оползня, но уцелели. Дом № 9 накренился в сторону балки, был признан аварийным и до сих пор пустует.

Географически ж/м Тополь-1 расположен на межбалочном водораздельном плато и характеризуется пересеченной местностью с абсолютными отметками от 105 м (русло р. Бэльба) до 160 м над уровнем моря вблизи Запорожского шоссе. От р. Бэльба по латерали на расстоянии 600 м в восточном направлении перепад высот, следовательно, составляет 55 м. В эпицентре оползня зафиксировано 20-метровое превышение высот над водной поверхностью р. Бэльба. Вокруг плато и построенных на нем ж/м Тополь-1, Тополь-2 и Тополь-3 расположены многочисленные “врезанные” в плато балки и овраги: западнее — балка Встречная; северо-восточнее — балка Тоннельная; восточнее — балка Евпаторийская; юго-восточнее — система безымянных оврагов, вскрывающих лессы. Все протекающие по балкам ручьи являются правыми притоками р. Днепр. Балки и овраги выполняют здесь роль природного дренажа для стока грунтовых вод и атмосферных осадков в р. Днепр, но из-за подрезки склонов, многоэтажной застройки и их замусоривания задерживают воду и вызывают локальные оползни грунта и многочисленные мелкие обвалы.

К балкам Встречная, Тоннельная и Евпаторийская примыкают многочисленные овраги. В совокупности здесь сформировано куполообразное плато, которое характеризуется значительными перепадами абсолютных высот (до 55 м). В таких условиях ливневые дожди, как правило, приводят к формированию быстрых потоков воды, стекающей с холмов вдоль асфальтированных улиц в более низменные участки, где происходит интенсивное разжижение лессовых грунтов. Формирование овражно-балочной сети, несомненно, обусловлено ротационным режимом планеты, разломно-блоковой тектоникой региона и является четким проявлением на поверхности глубинного строения и структуры описываемой территории.

Имеющиеся данные о геологическом строении межбалочного водораздельного плато таковы: в верхней части разреза повсеместно закартированы толщи верхнеплиоцен-четвертичных лессов, мощность которых составляет более 30 м. Толщи лессов характеризуются здесь чередованием водопроницаемых и относительно водоупорных, глинистых слоев. Переслаивающиеся с глинами слои лессов повсеместно и плащеобразно залегают на региональном водоупоре, представленном красноцветными верхнеплиоценовыми глинами. Ниже лессов и красноцветных глин по разрезу залегают миоцен-плиоценовые карбонатно-терригенные осадочные образования, а с глубины 80—100 м — породы докембрийского



Рис. 2. Оползневая воронка на ж/м Тополь-1 на космическом снимке “LANDSAT”: *а* – 23.02.2002 г.; *б* – 18.06.2016 г. после рекультивации, вблизи сохранившегося при катастрофе дома с красной крышей видна автомобильная стоянка в северной части бывшего оползня и заросшая растительностью площадка – в южной

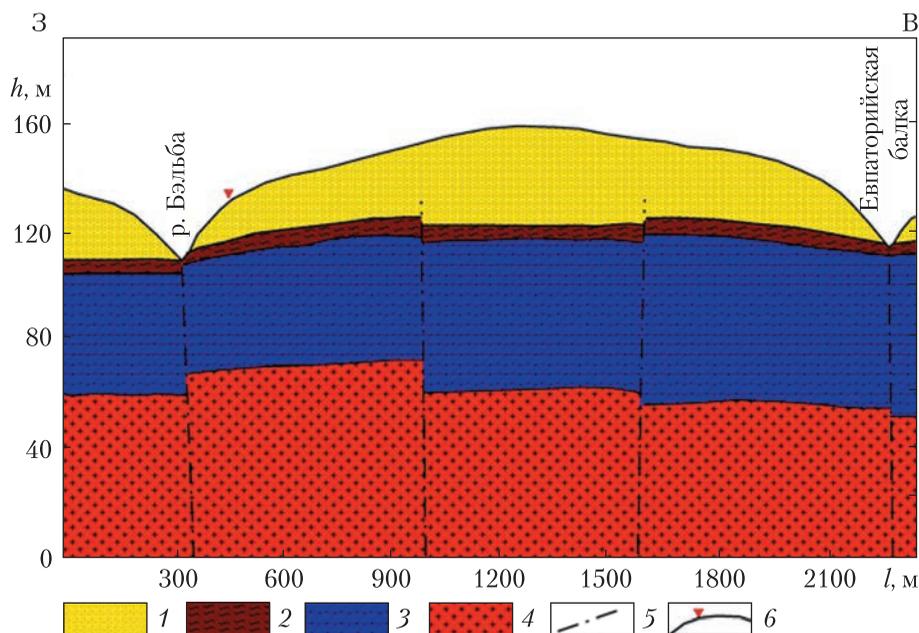


Рис. 3. Субширотный геологический разрез межбалочного плато по линии р. Бальба — Евпаторийская балка, где возведен ж/м Тополь-1 и прилегающие жилые микрорайоны. Составил автор. 1 — лессы верхнеплиоцен-четвертичного возраста; 2 — красноцветные верхнеплиоценовые глины, слагающие водоупор; 3 — миоцен-плиоценовые карбонатно-терригенные осадочные породы; 4 — гранитно-метаморфические породы, слагающие докембрийский кристаллический фундамент Украинского щита; 5 — разломы; 6 — местоположение цирка оползня 06.06.1997 г.

гранитно-метаморфического комплекса Украинского кристаллического щита [3, 4]. Итак, в пределах ж/м Тополь-1 и на межбалочном водораздельном плато в целом наблюдается четкое, типично двухъярусное тектоническое строение: внизу докембрийский кристаллический фундамент, а на нем — горизонтально залегающий осадочный чехол, состоящий из карбонатно-терригенных пород, песков, глин и лессов (рис. 3).

Результаты проведенных автором исследований тектоники микрорайона позволили выделить здесь системы нарушений субмеридионального, субширотного, северо-западного (СЗ 290, 310 и 325°) и северо-восточного (СВ 45 и 75°) простираний. Установлено, что цирк характеризуемого оползня-гиганта пространственно тяготеет к геодинамической зоне — узлу пересечения разлома северо-западного простирания (СЗ 325°) с разломными зонами субширотной и субмеридиональной ориентировки. По геоморфологическим и аэрокосмическим данным выделены также зоны повышенной тектонической и геолого-экологической опасности для территории ж/м Тополь-1, Тополь-2 и прилегающих участков. В частности, одна из таких зон простирается в субширотном направлении от цирка оползня в сторону дома № 60, перекрестка ул. Панихахи и Запорожского шоссе и далее в Евпаторийскую балку. Вторая зона от центра оползня простирается в сторону Тоннельной балки и связана с разломной зоной северо-восточного простирания (СВ 45°). Третья зона фиксируется вблизи северной части дома № 56, где простирается по азимуту северо-восток 70°. Четвертая оползнеопасная тектоническая зона наблюдается южнее дома № 60 — она простирается по азимуту северо-запад (СЗ 290°) к углу дома № 15, детсаду № 15а, пересекает



Рис. 4. Межбалочное водораздельное плато (космический снимок): *а* – 1965 г. до застройки [6], в северо-восточной части снимка отчетливо дешифрируется овражно-балочная сеть, железная дорога и р. Бальба в балке Встречная; *б* – 2015 г. после плотной застройки ж/м Тополь-1, Тополь-2 и Тополь-3 [6]. Единственное общее на снимках – это Запорожское шоссе, кладбище (за развилкой дорог в левом нижнем углу снимка) и железная дорога (правый верхний угол снимка). На снимке дешифрируются также цирк оползня (возле дома с красной кровлей) и частично засыпанные, но тектонически активные овраги

угол Запорожского шоссе и ул. Паникахи и далее в сторону Встречной балки. Пятая — субширотная разломная зона простирается от южной части Встречной балки к ул. Паникахи и далее к домам № 23а, 4 и др. на массиве Тополь-2 [4].

Анализ откартированных тектонических разломных зон в пределах ж/м Тополь-1 показал, что они являются разновозрастными, часто состоят из отдельных активизированных отрезков и сыграли значительную роль в процессе описываемой техногенно-природной катастрофы. По своим геодинамическим параметрам эти разломные зоны отвечают парагенезисам разрывных нарушений, образовавшихся в едином и синхронном поле планетарных тектонических напряжений — ортогональной и диагональной систем, сформированных в процессе геокосморотогенеза.

Современная активизация указанных выше разрывных тектонических нарушений повлекла многочисленные и разнообразные последствия: а) движения крыльев разломных зон в виде крипа; б) формирование обводненных систем трещин и зон повышенной тектонической трещиноватости в докембрийском кристаллическом фундаменте и в нижней части осадочного чехла; в) образование трещинных структур, проникающих в отложения верхней, лессовой части осадочного чехла и способствующих тем самым формированию фильтрационных окон в водоупорных горизонтах; г) образование понижений рельефа на поверхности регионального водоупора палеоценовых глин [3].

Важная информация о структуре земной поверхности и современной тектонической активизации исследуемого района получена в результате анализа космоснимков, геоморфологических, геологических данных и натуральных наблюдений. В частности, на космическом снимке 1965 г. (рис. 4, а) межбалочное водораздельное плато до застройки здесь ж/м Тополь-1, Тополь-2 и Тополь-3 в верхней части разреза представляло собой типичную распаханную почву [5, 6]. Среди поля в северо-восточной части снимка отчетливо видно формирование над разломами кристаллического фундамента деструктивной овражно-балочной сети. Она представлена балкой Встречная и тремя разноориентированными оврагами и промоинами, сформировавшимися в результате деятельности временных водотоков. Овражная сеть возникла на склонах плато в лессовидных породах. Длина этих оврагов склонового типа достигает 700 м, а “впадают” они в балку Встречная и р. Бэльба, где их русло доходит до местного базиса эрозии, т. е. до уровня дна балки. На космическом снимке овраги отчетливо прослеживаются до Запорожского шоссе. Это типичные овраги: они имеют клиновидную форму с обнаженными склонами, а в лессах приобретает ящикообразный профиль. У самой вершины оврагов имеется крутой уступ, достигающий высоты десятка сантиметров. Эти овраги растут за счет разрушения своего вершинного уступа. В верхней части куполообразного плато вблизи Запорожского шоссе на космоснимке наблюдаются промоины, рытвины и другие формы эрозионного рельефа. В образовании овражной сети, кроме эрозии, участвуют и другие явления: просадка грунта, мелкие оползни, выщелачивание, суффозия и др. Многие исследователи считают главными природными факторами оврагообразования гидрометеорологические и геолого-геоморфологические условия района. По мнению же автора статьи, развитие овражно-балочной сети, интенсивной эрозии почв и лессовых грунтов генетически связано с разломно-блоковой тектоникой региона.

Анализ космического снимка системы “LANDSAT” 2015 г. [5, 6] в первую очередь свидетельствует о весьма плотной застройке межбалочного плато: ж/м Тополь-1, Тополь-2 и

Тополь-3 (см. рис. 4, б). На снимке отчетливо дешифрируется регенерированная человеком овражно-балочная сеть. В частности, на космическом снимке зафиксирован факт засыпки и рекультивации оврагов при строительстве ж/м Тополь-1. Вместе с тем очевидно, что, хотя овраги и частично засыпаны, они все же тектонически активны, так как сохранились здесь с 1965 г. до настоящего времени. Если протрассировать эти овраги по простиранию, то становится очевидным, что многие дома на ж/м Тополь-1, Тополь-2 и Тополь-3 пятьдесят лет назад были построены на “скрытых”, незаметных на поверхности разломах, т. е. без учета разломно-блоковой тектоники межбалочного плато и региона в целом.

Мониторинг геодинамического состояния склона межбалочного лессового плато свидетельствует о том, что первые аварии в микрорайоне Тополь-1 произошли более тридцати лет назад. Трещины в несущих конструкциях детсада № 15а и двух средних подъездах дома № 15 появились еще в 1986–1987 гг. Детсад и дом № 15 как раз и были построены над “скрытым”, или “слепым”, разломом. Дом и детсад пространственно расположены вблизи Запорожского шоссе, в центральной части межбалочного лессового плато, где абсолютные отметки достигают 160 м над уровнем моря. Автор считает, что большие деформации фундаментов зданий и трещины межэтажных конструкций — это результат активизации преимущественно вертикальных тектонических движений как по разлому кристаллического фундамента, так и залегающих выше толщ — карбонатно-терригенных пород, песков, глин и лессов.

Спустя 12 лет после техногенно-природной катастрофы современные тектонические движения на ж/м Тополь-1 вновь напомнили о себе. Весной 2009 г. межбалочные переходы аварийного (“кривого”) дома № 9, чудом уцелевшего при техногенно-природной катастрофе 1997 г., начали разрушаться. Инструментально-геодезические исследования показали, что причиной обрушения является вертикальное смещение подъездов относительно друг друга. В панельных девятиэтажных домах № 13 и 14, также расположенных на склоне Встречной балки, но выше дома № 9, контрольные маячки также зафиксировали деформации конструкций. Инструментальные замеры здесь как бы “подтверждались” новыми микротрещинами на потолках и стенах квартир [2].

Ситуация с оползнями в южной части г. Днепр с годами не меняется, а в отдельных уголках микрорайона Тополь-1 даже ухудшается [1–7]. Так, пер. Джинчарадзе понемногу уходит под землю. Там уже много раз проседал асфальт, в 2012 г. фиксировались подтопления подвалов более 20 домов, где наблюдались различного рода деформации и просадки грунтов. В начале июля 2014 г. оползневые процессы вновь дали о себе знать: в пер. Джинчарадзе из глубин Земли бил двухметровый гейзер, а вокруг эпицентра аварии начал стремительно проседать асфальт. Оползни вплотную подбираются к жилым домам, расположенным в переулке. Иногда здесь под землю проваливаются автомашины. В одном из прилегающих к месту прорыва дворов просел асфальт.

Серьезные просадки грунта постоянно фиксируются на углу Запорожского шоссе и ул. Паникахи. Дорожное полотно, канализационные и водоподводящие трубы возле строительного гипермаркета, несомненно, очень часто разрушаются из-за современной активизации разлома.

Интенсивные оползневые процессы в последние годы фиксировались в Тоннельной и Евпаторийской балках. Обваливается склон балки Тоннельной в результате продолжаю-

щихся разрушительных тектонических процессов. Гиганский оползень здесь может случиться в любой момент.

24 октября 2018 г. после сильного дождя на ж/м Тополь-1 произошел новый оползень на ул. Паникахи (напротив «ОККО»), в результате которого сдвинулась часть грунта и образовались огромные лужи, в которых наполовину “тонули” легковушки и маршрутки [7].

Таким образом, для современного этапа геолого-структурного развития описываемого водораздельного плато характерны следующие особенности:

1. Четкое проявление дифференцированных современных тектонических движений земной коры за исследуемый период – с 1960 г. по настоящее время.

2. Современная активность блоковых структур осадочного чехла в пространстве и во времени тесно связана с характером колебательно-инверсионных разломно-блоковых движений докембрийского кристаллического фундамента.

3. Существенная пространственно-временная и инверсионная активность разломов оказала влияние на “оформление” морфоструктур осадочного чехла и отражает динамику геоблоков кристаллического фундамента на этапе современного рельефообразования, формирование овражно-балочной сети и деструкции плато.

4. Преимущественно вертикальные тектонические движения блоковых структур фундамента и осадочного чехла, несомненно, коррелируются с активными оползневыми процессами в балках Встречная, Тоннельная и Евпаторийская.

5. Современная тектоническая активность, атмосферно-гидрогеологический фактор, возведение крупной городской агломерации и перегрузка водораздельного плато человеком привели к природно-техногенной катастрофе на ж/м Тополь-1 в июне 1997 г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург Л.К., Швец В.Б. Обрушение склона в жилом микрорайоне. *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 1999. № 3. С. 28–30.
2. Бабич Ф.Б., Седин В.Л., Левченко Г.Н. Особенности застроенного склона над железнодорожной станцией Встречная в Днепропетровске. *Мосты и тоннели: теория, исследования, практика*. 2012. № 3. С. 9–13.
3. Новик Н.Н., Недря Г.Д., Вольфман Ю.М. Биогеофизические и структурно-кинематические исследования в практической геологии (новые технологии). Киев: СП «Интертехнодрук», 1998. 58 с.
4. Шаталов Н.Н. Оползень на жилом массиве “Тополь” в г. Днепр, причины явления по результатам геологических и космических исследований. *Укр. журн. дистанційного зондування Землі*. 2018. № 1. С. 13–26.
5. Оползень в Днепропетровске на ж/м Тополь 6 июня 1997 года. URL: <http://artkostyuk.com/interesting-dnepr/opolzen-v-dnepropetrovske.html>
6. Спутниковые снимки Днепропетровска 1965 года. URL: <http://artkostyuk.com>
7. На ж/м Тополь произошел оползень. URL: <https://dnepri.com.ua/news/2018/10/25/121036.html>

Поступило в редакцию 13.11.2018

REFERENCES

1. Ginzburg, L. K. & Shvets, V. B. (1999). The collapse of the slope in a residential neighborhood. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*, No. 3, pp. 28-30 (in Russian).
2. Babich, F. B., Sedin, V. L. & Levchenko, G. N. (2012). Features built-up the slope above the railway station Vstrechnaya in Dnipropetrovsk. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*. No. 3, pp. 9-13 (in Russian).

3. Novik, N. N., Nedrya, G. D. & Wolfman, Yu. M. (1998). Biogeophysical and structural-kinematic studies in practical geology (new technologies). Kiev: SP "Intertechnodruk" (in Russian).
4. Shatalov, N. N. (2018). Landslide on the residential massif "Topol" in the city of Dnepr, the causes of the phenomenon based on the results of geological and space research. Ukr. J. Remote Sensing, No. 1, pp. 13-26 (in Russian).
5. Landslide in Dnepropetrovsk on the Poplar on June 6, 1997. Retrieved from <http://artkostyuk.com/interesting-dnepr/opolzen-v-dnepropetrovske.html>
6. Satellite images of Dnepropetrovsk in 1965. Retrieved from <http://artkostyuk.com>
7. There was a landslide on Topol. Retrieved from <https://dnepr.comments.ua/news/2018/10/25/121036.html>

Received 13.11.2018

М.М. Шаталов

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук НАН України", Київ
E-mail: shatalov@casre.kiev.ua

ТЕКТОНІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТЕХНОГЕННО-ПРИРОДНОЇ КАТАСТРОФИ В МІСТІ ДНІПРО

Аналіз аерокосмічної, структурно-геологічної, геоморфологічної і наземної інформації свідчить про чіткі прояви в південній частині м. Дніпро сучасних диференційованих тектонічних рухів земної кори з 1960 р. по теперішній час. Просторово-часова інверсійна активність розломів відображає динаміку геоблоків кристалічного фундаменту і осадового чохла на етапі сучасного рельєфоутворення, формування яружно-балочної мережі і деструкції плато. Встановлено, що активізація переважно вертикальних тектонічних рухів чітко корелюється з активними зсувними процесами в балках Зустрічна, Тунельна і Євпаторійська. Сучасна тектонічна активність блокових структур фундаменту і осадового чохла, зведення великої міської агломерації і перевантаження вододільного плато людиною спричинили техногенно-природну катастрофу на ж/м Тополя-1 в червні 1997 р.

Ключові слова: *тектоніка, космознімки, міжбалочні плато, лесси, зсув, катастрофа.*

N.N. Shatalov

Scientific Center for Aerospace Research of the Earth
of the Institute of Geological Science of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: shatalov@casre.kiev.ua

TECTONIC PRECONDITIONS OF THE TECHNOLOGICAL AND NATURAL CATASTROPHE IN THE CITY OF DNEPR

The analysis of aerospace, structural-geological, geomorphological, and terrestrial information indicates a clear manifestation of modern differentiated tectonic movements of Earth's crust in the southern part of the city of Dnepr from 1960 to the present. The spatio-temporal inversion activity of faults reflects the dynamics of the geoblocks of the crystalline basement and the sedimentary cover at the stage of modern relief formation, the formation of a ravine-gully network, and plateau destruction. It has been established that the activation of predominantly vertical tectonic movements is clearly correlated with active landslide processes in the Counter, Tunnel, and Evpatoria beams. The modern tectonic activity of the block structures of the basement and sedimentary cover, the construction of a large urban agglomeration, and the overload of the watershed plateau by man led to the natural-man-made disaster on the Topol-1 railway station in June 1997.

Keywords: *tectonics, satellite images, interglobe plateau, loess, landslide, disaster.*