

УДК 528: (504.064.3:551.4.042) (477)

Оползень на жилом массиве “Тополь” в г. Днепр, причины явления по результатам геологических и космических исследований

Н. Н. Шаталов

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины”, Киев, Украина

В результате анализа космической, геологической и наземной информации установлено, что главной причиной природно-техногенной катастрофы 06.06.1997 года на территории “Тополь-1” в г. Днепр является деятельность человека, допустившего техногенную перегрузку геологической среды. Из-за плотной застройки восточного склона балки высотными домами существенно увеличились техногенные нагрузки, были нарушены тектоно-геодинамические и геологические характеристики плато, гидрогеологический режим и инженерно-геологические свойства лессовых грунтов и подстилающего глинистого водоупора. При закладке фундаментов под зданиями до глубины 30 м здесь была разрушена также природная структура лессов. Это привело к нарушению устойчивого функционирования природной геосистемы на склоне балки, разрушению тектоно-гидро-литогенных связей в горно-породных комплексах, повышению уровня грунтовых вод, значительному ослаблению несущей стойкости лессовых грунтов, разрушению фундаментов зданий и подземных коммуникаций и, в конечном счете — к катастрофе. Ситуацию здесь усугубили также ливневые дожди, прошедшие накануне оползня.

Ключевые слова: катастрофа, оползень, лессы, грунты, межбалочное плато, гидрогеологический режим, тектоника, геосистемы, космоснимки

© Н. Н. Шаталов. 2018

Вступление

6 июня 1997 г. город Днепропетровск (Днепр) и Украину в целом, шокировала новость о масштабном оползне на жилом массиве (ж/м) “Тополь-1” и о домах целиком уходящих под землю. В результате техногенно-природной катастрофы здесь были полностью разрушены 9-этажный жилой дом, школа, два детских сада, множество гаражей и других хозяйственных построек, погиб человек и пострадало 2 тыс. жителей, которые фактически остались без крова (рис. 1). Катастрофа привлекла внимание средств массовой информации в г. Днепр, в Украине (первый национальный канал и др.), в странах СНГ и некоторых авторитетных западных СМИ, в частности — *Discovery*.

Материал исследований

Крупный ж/м “Тополь-1” (рис. 2) расположен в Бабушкинском районе г. Днепр, в своеобразном географическом треугольнике, ограниченном Запорожским шоссе с востока, ул. Паникахи с юга и железнодорожной (ж/д) веткой на Апостолово, — с северо-запада (рис. 3). Возведение нового ж/м Тополь-1 в южной части г. Днепр началось в конце 1960-х гг. на восточном склоне Встречной балки, вблизи ж/д станции “Встречная” (рис. 4). В 1972 г.



Рис. 1. Жители г. Днепр, оставшиеся без крова в результате оползня. Фото В. Рязанова. 06.06.1997

были сданы в эксплуатацию три девятиэтажные пяти подъездные панельные дома № 1, 2, 3 (рис. 5). В 1983 году вдоль Запорожского шоссе на ж/м “Тополь-1” началось возведение еще сорока 16-ти этажных жилых корпусов. Построенные здесь высотные кирпичные дома № 40, 48, 56, 58 (рис. 6) и 60 (рис. 7) состоят из шести отдельных корпусов на отдельных фундаментах. Эти корпуса (рис. 8) стоят стена к стене с зазором не более 0.5 м [1, 2]. В результате был возведен красивый ряд высотных домов вдоль Запорожского шоссе, в том числе торговые центры “Терра”, “Варус”, “Метро” и кинотеатр “Сичь”.

*E-mail: shatalov94@casre.kiev.ua



Рис. 2. Вид на Встречную балку и ж/м “Тополь-1”, построенном на горбообразном лессовом плато. Фото UZRAILFAN DNEPRRAI, 2015



Рис. 3. Ж/м “Тополь-1” на космоснимке Landsat. Дата съемки — 16.04.2016. Дом с красной крышей в центре снимка расположен чуть севернее цирка оползня (абс. отм.— 127 м)



Рис. 4. Железнодорожная станция “Встречная”. Фото Dance of December So..., 2008



Рис. 5. Дома № 1 и 2 на ж/м “Тополь-1”. Фото Andrei Ka, 2010



Рис. 6. Высотные дома № 56 и 58, построенные на ж/м Тополь-1 в притык друг к другу в виде “каскада” на углу Запорожского шоссе и ул. Мукаша Салакунова. Космоснимок Landsat. Дата съемки 16.04.2016. Высота над уровнем моря 155 м.



Рис. 7. Кирпичный дугообразно-каскадный высотный дом № 60, построенный на углу Запорожского шоссе и ул. Паникахи, ж/м “Тополь-1”. В левом верхнем углу снимка — дом № 15. Космоснимок Landsat. Дата съемки 17.06.2016. Высота над уровнем моря 155 м.

Однако, при возведении высотных домов были грубо нарушены нормы и технологии 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 разраба-

тывали и трамбовали местные тяжелые суглинки; все жилые блоки были сданы в эксплуатацию без необходимых внешних систем инженерной защиты и централизованного отвода ливневых вод [2]. В последующие годы, вслед за домами № 40, 48, 56 и 60, в западном направлении довольно плотно и интен-



Рис. 8. Так выглядит с поверхности секционно-каскадный 16-эт. дом № 60. Фото Otto von Manstein. 2010

сивно застраивался весь склон Встречной балки, вплоть до речушки Бэльбы. Согласно архитектурно-планировочного плана в пределах ж/м “Тополь-1” в течение короткого срока были возведены многоэтажные (9–16 этажей) постройки, многочисленные магазины, торговые центры, поликлиника. От ул. Паникахи (ж/м “Тополь-1”) к ул. Героев Сталинграда (завод “Днепропресс”) через балку над ж/д станцией “Встречная” переброшен путепровод (проезд Гальченко).

Кроме того, на восточных склонах Встречной балки, к западу от Запорожского шоссе и южнее ул. Паникахи, возведены многочисленные дома и инфраструктура новых ж/м — “Тополь-2” и “Тополь-3” (рис. 9, 10).

Рассмотрим хронологию событий той весьма крупной июньской катастрофы по свидетельству очевидцев, фотокорреспондента Владимира Рязанова и блогеров — Олега Тоцкого и Артемия Костюка [3–10].

В начале июня 1997 г. в г. Днепр и на ж/м Тополь-1 два дня подряд шли дожди и вода просачивалась преимущественно в лессы, а не уходила в забитые водостоки. Вечером, 5 июня в микрорайоне случился ливень невиданной силы. Дождеприемники и ливневки также не справились с отводом значительных объемов воды. За считанные часы дождевая вода просочилась в грунт и разрыхлила лессы с поверхности, в связи с чем повысился уровень грунтовых вод. Ранее в микрорайоне были зафиксированы еще и утечки воды в грунты из-за прорывов гидрокоммуникаций. Июньские же ливни создали



Рис. 9. г. Днепр, восточный склон балки Встречная и ж/м “Тополь-2”, построенный на лессовом плато. Фото Oropuyai, 2011



Рис. 10. г. Днепр, ж/м “Тополь-3” и нависающие над ним грозные облака. Фото Sayrber. 2011

предельное геодинамически-напряженное состояние в лессовых грунтах склона, что и спровоцировало оползень. Несомненно, ливень 5 июня 1997 г. явился тем “спусковым крючком”, который дал движение грунту, в котором за долгое время накопилась еще и вода из-за неисправности водопроводной и канализационной систем. Вероятно, дождевые и технические воды из поврежденных труб и затопленных подвалов домов длительное время стекали сюда — в будущий эпицентр оползня.

В результате, как подсчитали специалисты-экологи, здесь собралось почти 10 миллионов кубометров 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. Грунтовая “селевая река” начала свое движение 6 июня 1997 г. в 4 часа утра вблизи ж/д станции “Встречная”, где сразу же ушли под землю несколько десятков гаражей и сотни деревьев (рис. 11). Под завалами оказался мужчина, который находился в своем гараже в эпицентре этого масштабного оползня. В 6 часов утра тело оползня-селя поглотило еще и подсобные строения двух дош-



Рис. 11. Селевый поток-оползень который снес 06.06.1997 г. гаражи, автомобили и деревья в балку Встречная. Фото А. Костюка



Рис. 12. Руины дома № 22 в оползневой воронке и чудом уцелевший дом № 20. Фото Geozond. 1997

кольных комбинатов. Грунтовая сель со склона сползала преимущественно к ж/д полотну и строениям станции “Встречная”. Защитный 30-метровый ров, по дну которого протекает речушка Бэльба, стал местом складирования селевых потоков грунта с обломками зданий.

Со скоростью примерно 25 метров в час, образуя провалы и воронки, глубиной более 20 метров, грязевой оползень-поток начал распространяться вверх, стремительно разрушая и как бы “всасывая” в себя склон. К 7 утра он дошел до детского сада и до девятиэтажки на 72 квартиры. За 40 минут от 9-этажного кирпичного дома № 22 остались лишь руины (рис. 12). Дом обрушился в цирк оползня, т. е. месиво суглинков и лессов, обильно насыщенных грунтовыми и дождевыми водами.

К счастью, жители из обрушившегося дома спасли себя сами. Ранним утром жильцов разбудил сильный треск конструкций дома. В 6 часов утра один из жителей вышел на балкон покурить и увидел, как вблизи дома проседает земля и образуется оползневая воронка. Почувствовав, что с их многоэтажкой творится что-то неладное, он поднял тревогу. Благодаря этому, жители успели покинуть свои квартиры, а дом № 22 обрушился в цирк оползня в 7 часов 40 минут утра. Вскоре скорость оползня начала постепенно снижаться. Вероятно, это случилось из-за того, что обломки от разрушенных зданий уплотняли жидкий грунт, который был на дне воронки.

К 9 часам утра 6 июня 1997 г. оползень приблизился к 99-й школе, рассчитанной на 1 000 мест (рис. 13, 14). Она была построена в виде буквы “Н” в середине 70-х — в разгар строительства нового ж/м “Тополь-1”. Школа — капитальное, очень добротное кирпичное здание, построенное по типовому проекту. Это была одна из двух школ, обслуживающих микрорайон. К счастью и тут никто не погиб. К 6 июня занятия в школе уже закончились. В нее могли прийти только выпускники, чтобы сдать экзамены, но ранним утром было выставлено оцепление.

Единственное, что удалось спасти от школы — архивы. Солдаты быстро вынесли их, когда это было еще возможно.

В 10 часов утра начало рушиться левое крыло здания школы. Прошло около часа, как первое левое крыло полностью рухнуло и утонуло в селевом потоке. К 13.30 школа № 99 раскололась полностью — от нее отделились актовый зал и столовая (рис. 15). К 16.00 было уничтожено левое крыло учебного корпуса и вся центральная часть строения. В 18.00 здание школы полностью исчезло с лица Земли — оно обрушилось в цирк оползня. К этому моменту оставался целым еще детский сад, расположенный вблизи школы. Но без фундамента, естественно, он долго простоять не смог (рис. 16). Через полчаса обрушился и его корпус — последнее строение, которое уничтожил оползень.

После этого скорость селевого потока постепенно затухала до полной остановки примерно через 16 часов с момента возникновения оползня. Вероятно, к концу дня на склоне балки Встречная в грунтах постепенно наступало геодинамическое равновесие. К 20 часам здесь было видно огромную воронку с растекшимся лессовым грунтом, в котором плавали остатки конструкций рухнувших гаражей, автомашин, зданий, деревьев. Подсчитано, что общая площадь тела оползня составила более 4 га. Три рядом расположенных многоэтажных жилых дома попали в зону влияния оползня, но уцелели. Более 2 тыс. человек были эвакуированы из своих квартир.

Когда оцепление на ж/м Тополь-1 начали постепенно снимать, жители микрорайона своими глазами смогли увидеть место, где недавно стояла школа, жилые дома, детские сады, гаражи. На поверхности Земли была лишь воронка весьма внушительных размеров, а вблизи нее в зоне риска расположено несколько уцелевших зданий. Дом № 9, испытал крен в сторону балки, признан аварийным и до сих пор пустует (рис. 17). 22 апреля 1999 г., т. е. примерно через два года после катастрофы, блогер Артемий Костюк представил в интернет фото частично

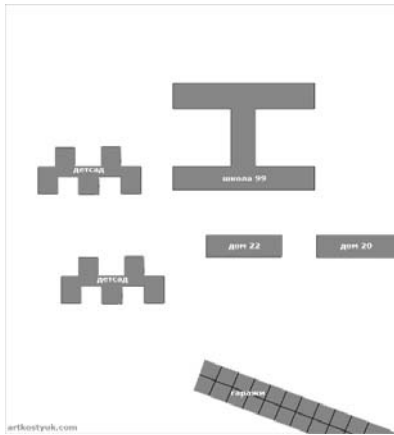


Рис. 13. Схема разрушенных оползем гаражей и зданий на ж/м “Тополь-1”. Уцелел лишь дом № 20. Автор схемы — А. Костюк



Рис. 15. На фото зафиксирован момент разрушения школы — 15 час. 27 мин. 06.06. 1997 г. [4]



Рис. 14. Архивное фото здания школы № 99, разрушенное оползем. На заднем плане хорошо видна высокая плотность застройки ж/м “Тополь-1”. Фото А. Костюка



Рис. 16. Руины детского сада. Фото В. Рязанова. 06.06.1997 г.



Рис. 17. Аварийный 9-этажный дом № 9 на ж/м “Тополь-1”. Фото Dance of December So... 2008



Рис. 18. Состояние цирка оползня на 22.04. 1999 г. Фото А. Костюка. Слева на фото, вблизи воронки от бывшего оползня, виден фрагмент от разрушенного и брошенного детского сада, а на заднем плане за деревьями — аварийный 9-этажный жилой дом № 9

засыпанной воронки (рис. 18). По прошествии 20 лет возникновение нового оползня на ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и “Тополь-3” в г. Днепр сохраняется.

Анализ состояния склона лессового плато в про-

цессе строительства и функционирования ж/м “Тополь-1” свидетельствует о следующем. Первые аварии в микрорайоне произошли еще тридцать лет назад. Трещины в несущих конструкциях детсада

№ 15а и двух средних подъездах дома № 15 появились в 1986–1987 гг. Детсад и дом № 15 расположены вблизи Запорожского шоссе и высотного дома № 60 (см. рис. 7, 8). Из-за больших деформаций фундаментов зданий и трещин межэтажных конструкций жильцов этих подъездов отселили, а виновными признали руководство “Днепргражданпроекта” [2].

Затем, в июне 1997 года случилась крупная техногенно-природная катастрофа, которая в итоге лишила город Днепр несколько гектаров жилой застройки и нанесла прямых и косвенных убытков более чем на \$150 млн [1–10].

После катастрофы власти города решили отремонтировать дом № 9, едва уцелевший во время оползня. Искали инвестора, затем в 2011 году дом передали на баланс КП “Специализированный РСУ”, но инвестора так и не нашли. Весной 2009 года межблочные переходы аварийного дома № 9 начали разрушаться. Обследование показало, что причиной обрушения является вертикальное смещение подъездов и секций дома относительно друг друга по склону Встречной балки. В панельных девятиэтажных домах №№ 13 и 14, расположенных выше дома № 9, контрольные маячки также зафиксировали деформации конструкций. Инструментальные замеры подтверждались здесь новыми микротрещинами на потолках и стенах квартир. [2].

24.04. 2012 г. на ж/м “Тополь-1” случилась паника. Топольчане были обеспокоены тем, что может повториться история оползня 1997 года. Ранее сотни жителей микрорайона штурмовали местные органы с жалобами на подтопления подвалов более 20 домов, где наблюдались различного рода деформации и просадки грунтов. Откачку в подвалах домов коммунальные службы делали не раз, но подтопления продолжались. В выходные дни местные жители обнаружили серьезную просадку грунта на углу Запорожского шоссе и ул. Паникахи. Дорожное полотно возле строительного гипермаркета было разрушено, аварийный участок оградил оранжевыми лентами, вокруг работали строители, а на парковке — ни одного автомобиля. Местные жители боялись возникновения нового оползня, а представители власти уверяли, что текут лишь водопроводные трубы. Дорожники же считали, что образование свежего провала и разрушение дорожного полотна — это негативные последствия неудачного строительства. Якобы там просто неправильно уложили асфальт, а сейчас своими силами они пытаются устранить эту проблему [8–10].

Ситуация с оползнями в южной части г. Днепр с годами не меняется, а в отдельных уголках микрорайона “Тополь-1” даже ухудшается [5–10]. Так, переулок Джинчарадзе понемногу уходит под землю. Там уже много раз проседал асфальт и люди живут на чемоданах. В начале июля 2014 года оползневые процессы дали о себе знать. Ночью на переулке Джинчарадзе из глубин земли бил двухметровый

гейзер. Что это было, местные не знают. Только слухи и догадки. Вокруг эпицентра аварии начал стремительно проседать асфальт. Оползни вплотную подбираются к жилым домам, расположенным в переулке Джинчарадзе. Иногда здесь под землю проваливаются автомашины. Еще в одном прилегающем к месту прорыва дворе просел асфальт. Никто не пострадал, но местные жители говорят, что это пока им везет. Городские власти ситуацию в переулке Джинчарадзе не комментируют.

Интенсивные оползневые процессы в последние годы фиксировались в Тоннельной и Евпаторийской балках. Как свидетельствуют жители микрорайона и журналисты г. Днепр склон балки Тоннельной обваливается на глазах. Жители близлежащих домов фактически живут на “пороховой бочке”, поскольку в балке продолжают идти разрушительные процессы. Оползень может “ожить” в любой момент. Но на этот раз масштабы трагедии будут еще более ужасными, нежели в 1997 году. Если в ближайшее время чиновники г. Днепр не примут всех необходимых мер, то в один страшный день с лица земли будет стерта целая шеренга 16-этажек. Первым может рухнуть многосекционный 56-й дом, потянув за собой вереницу многоэтажек — 58, 60 и др. Эти высотные дома прилегли друг на друга. Жители дома № 56 по ул. Запорожское шоссе проклинают тот день, когда купили квартиры в этом доме. Жить в этой “пизанской башне” им просто страшно. По ночам спать в доме спокойно они не могут: стены трещат, и от этого треска — просто мурашки по коже. Зрелище в этом дворе и впрямь пугающее: 56-й дом состоит из семи блоков, все они похожи на перебившуюся компанию. Первый блок в прямом смысле слова лежит на втором, третий — облокотился на четвертый, четвертый — на пятый и так далее [5–10].

Ситуация критическая не только в 56-м, но и соседних 58-м, 60-м, 40-м и других высотных домах. При постройке между блоками строители этих домов оставили технологические проемы по 30 см для контроля вертикальности 16-этажек. Кроме того в них стояли датчики крена и действовала система стабилизации здания. К настоящему времени, проемы остались только внизу — верхушки зданий лежат друг на друге. Все оборудование давно раскурочено, а в датчиках нет необходимости — и так видно, что секционные блоки просто лежат друг на друге.

— Если бы не эти “подпорки”, мы с домами давно бы рухнули, — считают жители. Из-за усугубляющегося крена домов по квартирам верхних этажей расползаются трещины, а работающие под наклоном лифты скрипят и заклинивают. Даже неспециалистам видно: ситуация перешагнула критический порог. Лессовые грунты под фундаментами зданий продолжает замачиваться тальми весенними водами, утечками из ливневок и канализационных сетей, а также атмосферными ливнями.

Дом № 19 по улице Запорожское шоссе стоит на краю Тоннельной балки. Жители свидетельствуют, что раньше для отведения дождевой и талой воды по склону балки работали бетонные желоба — теперь, от них остались только развалины. В советскую эпоху в районе дома № 19 были построены защитные сооружения, но они давно разрушены. С каждым месяцем грунт огромными пластами здесь проседает, создавая по склону разломы и провалы-террасы. В эти разломы лессовидных грунтов попадают потоки дождевой и талой воды, разрушая грунт еще больше. Этот оползень продвигается в сторону жилых домов. В прошлом году едва не рухнули мачты линии электропередач (ЛЭП). Действительно, ЛЭП буквально висят над оползневыми разломами и провалами грунта. Очевидно, что новый оползень прогрессирует, мачты ЛЭП уже фактически висят на бетонных блоках, не имеющих надежной грунтовой опоры. После каждого дождя и таяния снега грунт впитывает в себя влагу, а в недрах склона, вероятно, растет подземное болотное озеро. И в один страшный миг оно может прорваться наружу, увлекая в пропасть все вокруг. Как это случилось двадцать лет назад [4–10].

После катастрофы в 1997 году, мониторинг оползневых процессов на всей территории ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и “Тополь-3” не проводился, хотя процессы имеют системный характер. Проведенные геодезические исследования подтвердили, что дома на всех трех ж/м “Тополь” имеют различную амплитуду проседания по отношению к нулевому замеру. С целью выявления и уточнения закономерностей деформационных процессов, проведения инженерной защиты территории и контроля за ситуацией предлагалось вести регулярный геодезический мониторинг на всем лессовом плато. Однако деньги на мониторинг не выделялись. На июль 2017 года состояние склона следует определять как нестабильное, а возможно — как критическое.

Структурно-тектонические и гидрогеологические особенности плато и ж/м “Тополь-1”

Географически ж/м “Тополь-1” расположен на межбалочном водораздельном плато с размерами 2 000 × 2 500 м. Оно характеризуется пересеченной местностью с абсолютными отметками от 106 м (русло р. Бэльба) до 160 м над уровнем моря вблизи Запорожского шоссе. Небольшая речушка Бэльба (рис. 19) протекает по дну Встречной балки. Вблизи ее проложено железнодорожное полотно. От реки Бэльба по латерали на расстоянии 600 м в восточном направлении перепад высот составляет 54 м, а в верхней части тела оползня, т. е. на расстоянии 250 м от русла реки зафиксировано 20-метровое превышение высот над уровнем моря. Вокруг плато и построенных на нем ж/м “Тополь-1”, “То-



Рис. 19. Речка Бэльба вблизи ж/д станции “Встречная”. Фото Dima Novoklimov. 2011

поль-2” и “Тополь-3” расположены многочисленными, “врезанные” в плато балки и овраги: северо-восточнее — балка Тоннельная (рис. 20); восточнее — балка Евпаторийская (рис. 21); юго-восточнее — система безымянных оврагов, вскрывающих лёссы (рис. 22). Все протекающие по балкам ручьи являются правыми притоками р. Днепр. Балки и овраги выполняют здесь роль природного дренажа для стока атмосферных осадков и грунтовых вод в Днепр, но из-за подрезки склонов и их замусоривания, многоэтажной застройки задерживают воду и вызывают оползни грунта и многочисленные мелкие обвалы. Балки Тоннельная и Евпаторийская характеризуются многочисленными оврагами, весьма пересеченной местностью и 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.

В геологическом строении на межбалочном водораздельном плато закартированы толщи верхнеплиоцен-четвертичных лессов, мощность которых составляет более 30 метров. Фактически все фундаменты домов, построенных на ж/м “Тополь-1”, были заложены в лессовых грунтах. Известно, что по своей несущей способности обводненные лессы относятся к категории слабых грунтов. К тому же здесь они характеризуются 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 гранитно-мета-



Рис. 20. Вид на Тоннельную балку, северо-восточная часть ж/м "Тополь-1". Фото Sergey. 2012



Рис. 21. Евпаторийская балка с оврагами. Юго-восточная часть ж/м "Тополь-1". Фото Khlystun. 2008



Рис. 22. Овраги, вскрывающие лессы юго-восточнее ж/м "Тополь-2". Фото Maksorpion. 2011

морфического комплекса Украинского кристаллического щита [3]. Следовательно, 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. 23, 24).

Результаты проведенных автором исследований тектоники микрорайона позволили выделить здесь системы нарушений субмеридионального, субширотного, северо-западного (СЗ 29°, 31° 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 космическим данным вы-

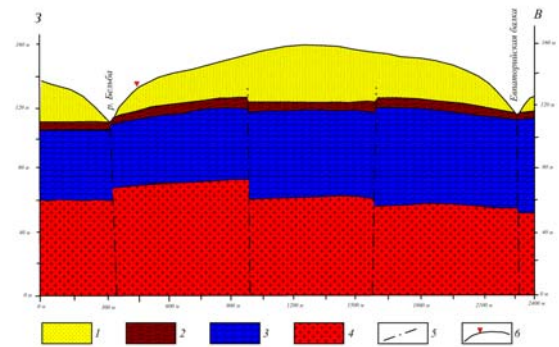


Рис. 23. Геологический разрез межбалочного плато по линии р. Бэльба — Евпаторийская балка, где возведен ж/м "Тополь-1" и прилегающие жилые микрорайоны.

1 — лессы верхнеплиоцен-четвертичного возраста; 2 — красочные 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 оползня 06.06.1997 г.

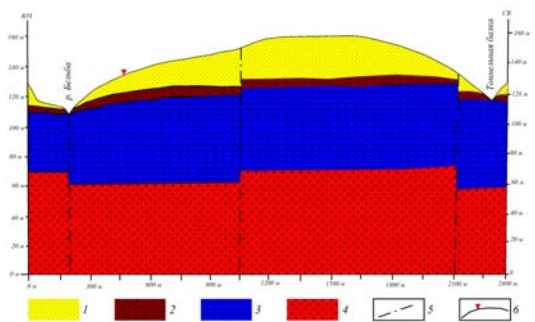


Рис. 24. Геологический разрез межбалочного плато по линии р. Бэльба — Тоннельная балка, где возведен ж/м "Тополь-1" и прилегающие микрорайоны.

1 — лессы верхнеплиоцен-четвертичного возраста; 2 — красочные 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 оползня 06.06.1997 г.

делены также зоны повышенной геолого-экологической опасности для территории ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и прилегающих участков. В частности, одна из таких зон протягивается в субширотном направлении от цирка оползня в сторону дома № 60, перекрестка улицы Паникахи и Запорожского шоссе и далее в Евпаторийскую балку. Вторая зона экологической опасности 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 зона наблюдается южнее дома № 60 — она простирается по азимуту северо-запад (СЗ 290°) к углу дома № 15, детсаду №15а и далее в сторону Встречной балки. Пятая, субширотная разломная зона простирается от южной части Встречной балки к улице Паникахи и далее к домам №№ 23а, 4 и др. на массиве “Тополь-2”.

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

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 плиоценовых глин [3].

Причины техногенно-природной катастрофы ж/м “Тополь-1” ранее исследовались Н. Н. Новиком и др. [3] с помощью биогеофизического изучения особенностей изменения параметров естественного электромагнитного поля Земли (ЕЭМПЗ). В результате была установлена пространственная связь зон развития подтопления лессовых грунтов как с понижениями рельефа первого регионального водоупора, так и с разрывными тектоническими нарушениями в фундаменте и осадочном чехле. Прямыми методами ЕЭМПЗ было установлено, что просадочные деформации зданий чаще всего встречаются в разломных тектонических зонах, а

образование селевого оползня-потока 6 июня 1987 г. произошло при полном разжижении лессов на значительную глубину. Выявлено также, что зоны тектонических разрывов и погребенные эрозионные формы рельефа на поверхности глин регионального водоупора способствовали концентрированному перераспределению подземного стока, а по мере формирования грунтовых потоков — все более полному обводнению разреза (включая относительно водоупорные глинистые горизонты). Активизированные разломные тектонические зоны способствовали также поднятию уровня грунтовых вод в их пределах, в том числе, и за счет развивающегося подпора грунтовых вод в результате снижения водопроницаемости лессовых грунтов при их водонасыщении. В итоге, это обусловило чрезмерное подтопление и полное разжижение грунта, а также предопределило возникновение многочисленных развивающихся деформаций зданий и сооружений, прежде всего, в пределах откартированных разломных тектонических зон, развитого подтопления и наиболее полного водонасыщения грунтов. Вне разломных зон и понижений рельефа регионального водоупора степень водонасыщенности геологического разреза постепенно уменьшается.

Тектонические и геодинамические предпосылки свидетельствуют о том, что в процессе строительства домов и повышения техногенной нагрузки на лессовом плато произошла активизация фрагментов разломов ортогональной и диагональной систем, что привело к нарушению природной экогеосистемы, повышению уровня грунтовых вод, подтоплениям зданий и катастрофе.

Анализ космической информации

Для изучения характера оползневых процессов, произошедших 06.06.1997 г. в г. Днепр в зоне развития пород лессовой и карбонатно-терригенной формаций, залегающих на древней консолидированной докембрийской платформе, в Центре аэрокосмических исследований Земли (ЦАКИЗ) ИГН НАН Украины были изучены два космических снимка Landsat (съёмки выполнены 10 мая и 11 июня 1997 г.), фиксирующих состояние экосистемы до и после техногенно-природной катастрофы. В результате проведенного исследования на космоснимке от 11.05.1997 г. зафиксировано четкое осветление грунта в пределах цирка оползня на склоне Встречной балки. На этом же космоснимке Landsat установлено месторасположение следа движения оползня — вначале вниз, а затем на юг по склону, т. е. перпендикулярно к оползневой воронке. Предпринятое в ЦАКИЗ изучение серии космоснимков системы LANDSAT показало динамику рекультивации воронки от оползня на ж/м “Тополь-1” с 2002 по 2016 гг. В пределах цирка оползня зафиксиро-

вана высота 127 м над уровнем моря. На представленных фрагментах космоснимков LANDSAT (рис. 25–36) отчетливо видна динамика рекультивации оползневой воронки, в частности: до 2007 года — постепенной ее засыпки; с 2008 по 2016 гг. — восстановление части гаражей и других подсобных строений в нижней части склона балки Встречная, а также строительство и эксплуатация автостоянки в пределах восточной, т. е. апикальной части бывшего участка оползня. Как отчетливо видно на космоснимке от 18.06.2016 г. (рис. 36) западная часть оползневой воронки имеет ярко зеленый цвет и довольно заросший вид, а восточная — светло-серый цвет. Это свидетельствует о том, что восточная часть бывшего оползня, отделенная дорогой от западной части склона, к настоящему времени весьма утрамбована, поскольку используется инвестором под автомобильную стоянку.

Выводы

Природные геологические системы (геосистемы) в определенном объеме геологической среды, как известно, представляют собой открытую для внешнего воздействия совокупность геодинамических, структурно-тектонических и вещественных элементов, взаимосвязанных посредством тепло-массопереноса или энергообмена. Поэтому до определенного времени элементы геосистемы находятся в условиях динамического равновесия с другими элементами и геосистемами. Внешние (экзогенные, техногенные) и внутренние (эндогенные) воздействия на них могут привести к нарушению энергообменных связей, обеспечивающих устойчивое функционирование природной геосистемы, и в результате — к необратимым, т. е. катастрофическим последствиям. При этом восстановление динамического равновесия природной геосистемы со временем возможно только на новом энергетическом уровне.

При планировании очень плотной застройки ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и “Тополь-3” (рис. 38) не было учтено, что лессовые грунты залегающие здесь в природном состоянии в верхних частях геологического разреза при дополнительной нагрузке или при условии их обводнения, вследствие порывов водоотводов и атмосферных осадков, могут проседать и ползти. При бурении скважин, устройстве грунтовой подушки и трамбовке ее местными тяжелыми суглинками под зданиями до глубины 30 м здесь была разрушена также природная структура лессов. Несомненно, разрушение естественно-геологической структуры лессов в их природном объеме производит до неравномерного проседания грунтов и фундаментов зданий. Это сопровождается также развитием трещин в фундаментах, корпусах и наклоне несущих конструкций зданий.

Кроме того, горизонт пестроцветных глин, под-

стилающий лессовые отложения, вследствие строительства многочисленных высотных зданий и огромной техногенной нагрузки на грунты, на наш взгляд, во многих участках микрорайона был разрушен. Наиболее значительные разрушения здесь происходили по ранее сформированным в кристаллическом фундаменте, а затем унаследованным в осадочном чехле разломным тектоническим зонам и структурно-динамическим узлам их пересечения. Другими словами, изменившиеся в связи с плотной застройкой ж/м “Тополь-1” инженерно-геологические, тектоно-геодинамические и гидрогеологические условия привели к современной природной активизации более древних разломных тектонических зон. Несомненно, что воды из нижележащего водонапорного горизонта по трещинам и зонам более крупных разрывных тектонических нарушений стали поступать в верхний водоносный горизонт, что обусловило постепенный подъем уровня грунтовых вод.

Следовательно, в подготовке геолого-техногенной катастрофы в пределах жилого массива “Тополь-1”, в активизации оползневых процессов и возникновении суффозионно-карстовых провалов, большую роль сыграли региональные тектоно-геодинамические и локальные гидрогеологические условия, главным образом, — техногенное нарушение условий естественного водообмена. Очевидно также, что инженерно-геологические условия лессового плато на ж/м “Тополь-1” с самого начала застройки коренным образом были изменены. В результате плотной застройки здесь интенсивно развивался процесс природно-техногенного их подтопления, что привело к снижению несущих физико-механических характеристик лессовых и подстилающих их грунтов. Лессы превратились в слабые, “просадочные” грунты с низким модулем деформации. Накопленные к настоящему времени гидрогеологические данные свидетельствуют о том, что с начала строительства микрорайона до момента катастрофического оползня происходил постоянный подъем уровня грунтовых вод со средней скоростью 0,6–0,8 м в год. Например, в 1969 г. грунтовые воды находились здесь на глубине 20–23 м, а к июню 1997 г. — уже на глубине 4–6 м [2]. В день природно-техногенной катастрофы, уровень грунтовых вод в некоторых участках склона балки был уже меньше метра.

Анализ тектонической, структурно-геологической и гидрогеологической обстановки лессового плато, где расположены три ж/м “Тополь”, однозначно свидетельствует о том, что на протяжении 28 лет, здесь наблюдалась четкая корреляция между застройкой плато и уровнем грунтовых вод, в частности: шло планомерное строительство высотных домов, возрастала техногенная нагрузка на лессовые и нижележащие карбонатно-терригенные грунты и, как следствие, — постепенно происходил ежегодный подъем уровня грунтовых вод.



Рис. 25. Контур тела оползня . Космический снимок Landsat. 04.08.2006



Рис. 26. Космический снимок Landsat. 04.08.2006



Рис. 27. Космический снимок Landsat. 01.06.2007



Рис. 28. Космический снимок Landsat. 14.07.2008



Рис. 29. Космический снимок Landsat. 08.04.2009



Рис. 30. Космический снимок Landsat. 24.10.2010



Рис. 31. Космический снимок Landsat . 07.11.2011



Рис. 32. Космический снимок Landsat. 02.10.2012

Таким образом, интенсивная застройка склона лессового плато, подрезка и пригруз склонов, разрушение естественно-геологической структуры лессов в их природном объеме, уменьшение испа-

рения за счет асфальтирования улиц, резкий подъем уровня грунтовых вод и ливневые дожди в начале июня 1997 г. привели к нарушению динамического равновесия сложившейся геосистемы и, — к катас-



Рис. 33. Космический снимок Landsat. 29. 06. 2013



Рис. 34. Космический снимок Landsat. 27. 10. 2014



Рис. 35. Космический снимок Landsat. 03. 08. 2015



Рис. 36. Космический снимок Landsat. 18.06.2016



Рис. 37. Так выглядело в 1965 году на космическом снимке межбалочное водораздельное плато до застройки на нем ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и “Тополь-3” [7]



Рис. 38. Та же территория на космическом снимке 2015 года после плотной застройки ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и “Тополь-3”. Единственное общее на снимках — это Запорожское шоссе, кладбище (за развилкой дорог в левом нижнем углу снимка) и железная дорога (правый верхний угол снимка) [7]

трофической развязке. Сдвиг оползня по склону 06.06. 1997 г. произошел по причине активизации современных тектонических, структурно-геологических и геодинамических процессов, резкого подъема уровня грунтовых вод, разжижения лессовых грунтов и полной потери их несущей способности. Из-за геодинамики, техногенного нарушения условий естественного водообмена и разжижения грунтов на склоне балки Встречная ж/м “Тополь-1” на водоупорном слое глины образовалась плоскость скольжения и нижняя часть склона лессового плато “поплыла”. В результате грязеводяной поток вынес в смежную с микрорайоном Встречную балку огромную массу разжиженных осадочных пород с образованием воронки площа-

дью приблизительно 300×100 м и глубиной более 20 м. В считанные часы были полностью разрушены девятиэтажный жилой дом, школа, детские сады, гаражи, погиб человек. Без крыши над головой остались жильцы домов № 22 и 9. Дом № 9, хотя и находился дальше от эпицентра событий, также пострадал. Здесь, в частности, существовала опасность возникновения второго оползня. Попытки восстановления аварийного дома № 9 к настоящему времени успехом не увенчались.

Итак, главной причиной природно-техногенной катастрофы на территории “Тополь-1” следует признать деятельность человека, допустившего техногенную перегрузку геологической среды, что привело к нарушению устойчивого функционирования при-

родной геосистемы на склоне балки, разрушению тектоно-гидро-литогенных связей в горно-породных комплексах и значительному ослаблению несущей стойкости лессовых грунтов. Из-за строительства высотных домов на восточном склоне балки Встречная существенно увеличились техногенные нагрузки, были нарушены структурно-геологические характеристики плато, гидрогеологический режим и инженерно-геологические свойства лессовых грунтов и подстилающего глинистого водоупора. Нарушение стойкости тектоно-литогенной основы и активизация современных структурно-геодинамических процессов привели к подтоплениям, разрушению фундаментов зданий и подземных коммуникаций. Другими словами, из-за высочайших строительно-техногенных нагрузок на лессовое плато и современных гравитационно-тектонических движений (которые можно определить лишь инструментальными геодезическими и аэрокосмическими методами) на всех трех ж/м “Тополь” десятилетиями повышается уровень грунтовых вод, постоянно разрушаются водопроводная и канализационная системы. А увеличивающееся, в эпоху потепления климата, количество атмосферных осадков, еще более усугубляет оползневую ситуацию в микрорайоне.

В заключение следует констатировать, что на исследованном лессовом плато, где расположены три ж/м в настоящее время происходят угрожающие тектоно-геодинамические, структурно-геологические и гидрогеологические процессы, а уровень оползневой опасности чрезвычайно высок. Если властями не будут предприняты радикальные меры, то новые техногенно-природные катастрофы на ж/м “Тополь-1”, “Тополь-2” и “Тополь-3” еще впереди. Скрытая в глубине “пороховая бочка” здесь ждет своего часа.

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам ЦАКИЗ ИГН НАН Украины В. И. Лялько, С. А. Станкевичу, А. А. Апостолу, которые оказали помощь при подготовке статьи.

Литература

1. Гинзбург Л. К. Обрушение склона в жилом микрорайоне / Л. К. Гинзбург // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1999. — № 3. — С. 28–30.
2. Бабич Ф. Б. Особенности застроенного склона над железнодорожной станцией Встречная в Днепропетровске / Ф. Б. Бабич, В. Л. Седин, Г. Н. Левченко // Мосты и тоннели: теория, исследования, практика. — 2012. — № 3. — С. 9–13.
3. Новик Н. Н. Биогеофизические и структурно-кинематические исследования в практической геологии (новые технологии) / Н. Н. Новик, Г. Д. Недра, Ю. М. Вольфман // Киев: СП “Интертехнодрок”, 1998. — 58 с.
4. Оползень в Днепропетровске на ж/м “Тополь” 6 июня 1997 года ... [Электронный ресурс] — Режим доступа: artkostyuk.com/interesting-dnepr/opolzen-v-dnepropetrovske.html? — Заглавие с экрана.
5. Оползень на “Тополе” предотвращение несчастия ... [Электронный ресурс] — Режим доступа: dpchas.com.ua/dnepropetrovskaaya. — Заглавие с экрана.
6. Оползень в жилмассиве “Тополь” в Днестре: двадцать лет спустя ... [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.056.ua/news/1679730?> — Заглавие с экрана.
7. Спутниковые снимки Днепропетровска 1965 года [Электронный ресурс] Режим доступа: artkostyuk.com. — Заглавие с экрана.
8. Трагедия на “Тополе”: 19 лет назад под землю ушли многоэтажка ... [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.056.ua/news/1250976?> — Заглавие с экрана.
9. ЧП в Днестре: на месте, где под землю ушла 9-этажка, трещат ... [Электронный ресурс] Режим доступа: www.segodnya.ua. — Заглавие с экрана.
10. Шруб К. Ползучие гады [Электронный ресурс] / К Шруб. — Режим доступа: <https://gorod.dp.ua/news/60911>. — Заглавие с экрана.

ЗСУВ НА ЖИТЛОВОМУ МАСИВІ “ТОПОЛЬ” В м. ДНІПРО, ПРИЧИНИ ЯВИЩА ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОЛОГІЧНИХ І КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

М. М. Шаталов

В результаті аналізу аерокосмічної, геологічної і додому інформації встановлено, що головна причина природно-техногенної катастрофи 06.06.1997 року на території Тополь-1 у м. Дніпр – це діяльність людини, яке допустив техногенне перевантаження геологічного середовища. Через щільну забудову східного схилу балки висотними будинками істотно збільшилися техногенні навантаження, були порушені тектонічно-геодинамічні і геологічні характеристики плато, гідрогеологічний режим і інженерно-геологічні властивості лесових ґрунтів і підстилаючого глинистого водоупора. При закладці фундаментів під будівлі до глибини 30 м тут був зруйнований також природна структура лессив. Це призвело до порушення стійкого функціонування природної геосистеми на схилі балки, руйнуванню тектоно-гідро-літогенних зв'язків в гірничо-породних комплексах, підвищення рівня ґрунтових вод, значного ослаблення несучої стійкості лесових ґрунтів, руйнуванню фундаментів будівель і підземних комунікацій і, в кінцевому рахунку, — до катастрофи. Ситуацію тут збільшили також ливневі дожди, які пройшли накануне зсуву.

Ключові слова: катастрофа, зсув, лесси, ґрунти, міжбалочні плато, гідрогеологічний режим, тектоніка, геосистеми, космоснімки

LANDSLIDE ON THE RESIDENTIAL MASSIF «ТОПОЛ» IN THE CITY OF DNEPR, THE CAUSES OF THE PHENOMENON BASED ON THE RESULTS OF GEOLOGICAL AND SPACE RESEARCH

N. N. Shatalov

As a result of the analysis of aerospace, geological and terrestrial information, it was established that the main cause of the natural and technogenic catastrophe on 06.06.1997 on the territory of Topol-1 in the city of Dnepr is the activity of a man who allowed technogenic overload of the geological environment. Due to the dense development of the eastern slope of the beams by high-rise buildings, technogenic loads have significantly increased, tectonic, geodynamic, geological characteristics of the plateau, hydrogeological regime and engineering-geological properties of loess soils and underlying clayey waterproof have been disrupted. When laying foundations under the buildings to a depth of 30 m, the natural structure of the forest was also destroyed here. This led to the disruption of the stable functioning of the natural geosystem on the slope of the beam, the destruction of tectono-hydro-lithogenic bonds in mountain-rock complexes, an increase in the groundwater table, a significant weakening of the bearing strength of loess soils, the destruction of foundations of buildings and underground utilities and, ultimately, Catastrophe. The situation here was further aggravated by torrential rains that passed on the eve of the landslide.

Key words: catastrophe, landslide, loess, soils, inter-basalt plateau, hydrogeological regime, tectonics, geosystems, space images