

**ИЗБЫТОЧНОЕ УВЛАЖНЕНИЕ КАК ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕЙ НА  
СКЛОНАХ КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Э.Д. Кузьменко<sup>1</sup>, А.П. Никиташ<sup>2</sup>, Е.А. Яковлев<sup>3</sup>, Ю.В. Герук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, 76019, Украина, e-mail: kuzmenko-eduard@rambler.ru*

<sup>2</sup>*Государственное предприятие "Украинская геологическая компания", пер. Геофизиков, 10, г. Киев, 02000, Украина, e-mail: centrgridro@mail.ru*

<sup>3</sup>*Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства, Чоколовский бульвар, 13, г. Киев, 03186, Украина, e-mail: yakovlev@niss.gov.ua*

С использованием методик Н. Биндемана, В. Ампилова и авторских разработок установлено, что территория исследований урочища "Межигорье" получает тройную норму поверхностных вод по отношению к природным осадкам. Количественно оценены все техногенные составляющие и доказано более чем тройное увеличение инфильтрации в водоносные горизонты с последующей разгрузкой на склоне водохранилища. Последнее обстоятельство послужило причиной активизации оползневых процессов в значительных масштабах.

**Ключевые слова:** осадки, природная и техногенная составляющие инфильтрации, оползни.

**Введение.** Исследование оползневых процессов и последующее прогнозирование их развития является актуальной задачей современной геологии. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации, посвященные указанной проблеме, а также доклады, представленные на международных геологических конференциях и конгрессах. Так, на 33-м Международном геологическом конгрессе, который состоялся в 2008 г. в г. Осло, было представлено более 80 докладов с материалами исследований оползневых процессов [22].

Важность исследований оползней демонстрируют мировые оползневые форумы, которые прошли в Токио (2008), Риме (2011), Пекине (2014), на которых рассматривались не только теоретические основы образования и активизации оползней, но и их исследование с точки зрения физики процесса с построением сложных моделей взаимосвязей и прогноза [19–21]. Отдельные вопросы исследования оползней более детально изложены в 6 томах монографии Claudio Margottini, Paolo Canuti, Kyoji Sassa “Landslide Science and Practice”. Исследованию оползней посвящен специальный журнал “Landslides”.

Не является исключением территория Украины, в пределах которой широко развиты опасные геологические процессы, и прежде всего оползневые. Так, по данным Национального доклада о состоянии техногенной и природной безопасности в Украине в 2014 г. [12] общее количество зарегистрированных оползней составило 22 943, из них количество активных оползней равно 1777, площадью соответственно 2135,17 и 93,73 км<sup>2</sup>. Наиболее поражены оползневыми процессами Западный регион Украины, Причерноморье, некоторые восточные области. При этом количество оползней из года в год неуклонно растет. В соответствии с задачами действующей Общегосударственной программы развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030 г. предусмотрен многолетний государственный мониторинг развития инженерно-геологических процессов и явлений на территории страны. На отдельных положениях программы базировался “План мероприятий по созданию и внедрению системы прогнозирования и предупреждения оползневых процессов в сейсмических и техногенных зонах регионов Украины на период 2011 – 2015 годов”, утвержденный в Государственной службе геологии и недр Украины. Реализация такого плана стала возможной в результате интенсивной научной и методической поддержки оползневой проблематики, что выразилось в подготовке ряда научных работ. Появились фундаментальные монографии известных ученых и практиков П.В. Блинова, М.Г. Демчишина, И.Ф. Ерыша, Л.М. Климчук, Э.Д. Кузьменко, Г.И. Рудько, обобщающие статьи, научные открытия [4–9, 11, 16, 17]. В итоге детальных многогранных работ на различных иерархических уровнях созданы основы отечественной школы исследований оползней, что в конечном итоге позволило подойти к решению наиболее важной задачи – пространственно-временного прогнозирования оползневых процессов.

Цель работы – исследование увлажнения приповерхностных грунтов при интенсивной техногенной нагрузке территории с последующим распределением приоритетных задач:

сравнительная оценка количества поверхностных вод природного и техногенного происхождения; оценка баланса транзитных и инфильтрационных вод; выделение в инфильтрации природной и техногенной составляющих. Объект изучения – территория урочища “Межигорье” на правом берегу водохранилища Киевской гидроэлектростанции. Исходные данные – детальная геологическая характеристика территории, режимные измерения уровней подземных вод, графики полива территории и утечек из водоемов, информация о количестве природных осадков. При исследованиях техногенная составляющая приповерхностных вод приведена к сопоставимым с количеством осадков единицам.

**Постановка задачи.** Исследования оползней правого берега Днепра и Киевского водохранилища ведутся давно. Результаты их отражены как в производственных отчетах, так и в статьях, монографиях, диссертациях [1, 2, 10, 13–15, 18]. Каталог оползней с данными о степени их активизации известен с 1975 г. Наряду с общей характеристикой оползней Правобережья водохранилища велись наблюдения на двух опорных участках “Новые Петровцы” и “Гидроаккумулирующая электростанция Вышгород”. Таким образом, следует отметить детальную изученность территории в геологическом, инженерно-геологическом и гидрогеологическом аспектах. В статье [10] на основе комплексного учета метеорологических, геофизических, гидрогеологических и гидрологических факторов развития оползневых процессов во времени выполнено долгосрочное прогнозирование развития оползней на территории Правобережья Киевского водохранилища до 2020 г. Зафиксирована активизация оползневых процессов в 1983–1985, 1998–2000 гг., прогнозируются они и на 2017–2019 гг. Тем не менее в промежуточные годы между указанными периодами на отдельных участках также отмечалась активизация достаточно крупных оползней. Поскольку она не укладывалась в “канонические” рамки работы [10] и идеологию работ [8, 9, 11], был поставлен вопрос о причинах развития оползней. В настоящей статье рассмотрены результаты исследования, базирующиеся на данных для территории урочища “Межигорье” (с. Новые Петровцы, Вышгородский р-н, Киевская обл.) недалеко от Киева – севернее Киевской промышленной городской агломерации (рис.1).

**Оползневая обстановка.** Согласно рис. 1, на территории урочища “Межигорье” и его флангов образовались или активизировались 5 оползней. Самый крупный по размерам и объему масс, вовлеченных в оползневый процесс, оползень 1 – от смотровой площадки до набережной Киевского

водохранилища. По данным периодических обследований территории [2], первые оползневые деформации здесь были зафиксированы в 1985 г. С того времени площадь оползня значительно увеличилась.

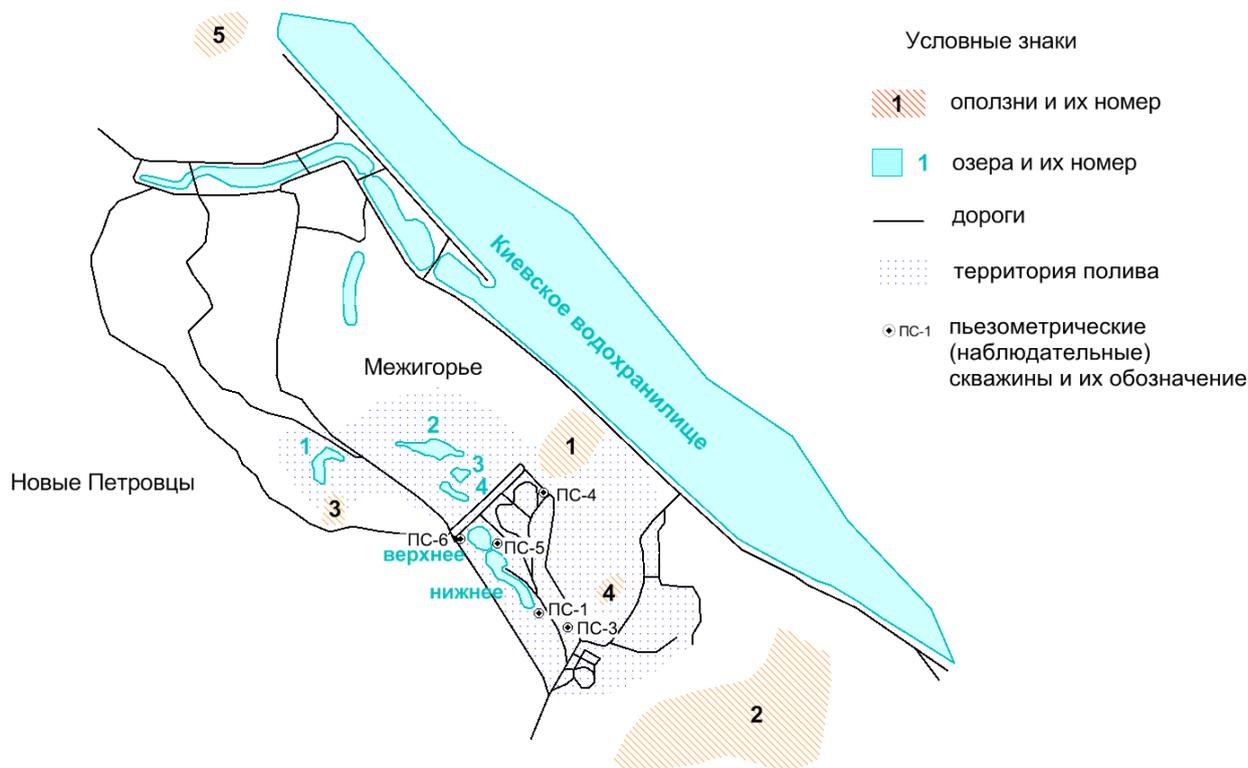


Рис. 1. Карта-схема территории исследований

Fig. 1. Schematic map of the study area

После определенных дискуссий было принято решение не проводить строительство противооползневых сооружений, а обустроить ограду на сваях на расстоянии 20–25 м от оползневого обрыва и перенести за эту условную границу смотровую площадку. На протяжении 27 лет со времени первых оползневых деформаций оползень расширился как в ширину, так и в длину и практически разрушил “буферную” зону, образованную между обрывом и оградой. По данным визуальных наблюдений участка склона осенью 2009 г. было установлено, что смотровая площадка находится на границе оползневого обрыва и близка к аварийному состоянию. Весной 2013 г. оползень 1 вновь активизировался, и были обнажены на 7–8 м центральные сваи смотровой площадки, глубина заложения которых составляла 16 м. К 2014 г. По причине последовательной серии обвалов из-под смотровой было обнажено большинство свай, а консоль левого круга смотровой зависла в воздухе.

Источник, образовавшийся у подножья смотровой, не пересыхал в самую сухую пору года. Оползень имеет форму эллипса, сужающегося от верхней до нижней части при размерах 150 м по длине и 70 м в средней части. Площадь оползня 8500 м<sup>2</sup> при мощности оползневых масс 5–7 м.

В отношении других опасных оползней урочища отметим следующее. Начиная с 2010 г., оползневые деформации активно развивались на участке склона, примыкающего к урочищу с юго-востока (оползень 2). Были смещены и частично разрушены подпорные стены. Оползень стекал двумя рукавами при ширине в верхней части более 100 м, захватывал участок от верхней бровки склона до набережной водохранилища (порядка 150 м по длине). В нижней части два рукава оползня сливались в один. Оползни 3–5 менее значительных размеров были различными способами стабилизированы.

**Геологическая и гидрогеологическая характеристика территории.** Для ответа на вопрос о причине оползневой активности в последние годы в урочище “Межигорье” следует рассмотреть природные геологические и природно-техногенные гидрогеологические условия. В геоструктурном отношении территория находится в зоне сочленения северо-восточного склона Украинского щита с Днепро-Донецкой впадиной. Геологическое строение приводится к уровню местного базиса эрозии, который контролируется руслом р. Днепр. Толща пород, склонных к развитию в них экзогенных геологических процессов, сложена палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями. По результатам изысканий и архивных материалов в районе территории исследований выходят на земную поверхность или залегают под четвертичными образованиями и вскрыты скважинами породы (снизу вверх) бучакской серии, киевской, обуховской, межигорской, берекской свит палеогена, новопетровской свиты и толщ пестроцветных и красно-бурых глин неогена (табл. 1). Разрез является типовым для территории Среднего Приднепровья [18]. Геологический и соответствующий ему гидрогеологический разрезы рассматриваемого участка соответствуют схеме, представленной на рис. 2 [13, 14]. Как следует из табл. 1 и рис. 2, гидрологические условия характеризуются наличием грунтовых вод природно-техногенного характера (первый водоносный горизонт) в четвертичных образованиях и подземных вод в отложениях межигорских и обуховских (ранее харьковских) песков (второй водоносный горизонт). Возможны промежуточные спорадические водоносные горизонты. Подстилающим водоупором для I горизонта служат неогеновые бурые и пестроцветные глины, для II – суглинки и мергели обуховского и киевского горизонтов. С указанными горизонтами связаны соответственно первая и вторая оползневые террасы. Другими словами, наряду

со спецификой разреза, представленного переслаиванием различных суглинков глин и водоносных песков, основной причиной оползания пород является их водонасыщение, которое приводит, во-первых, к образованию плоскостей скольжения, во-вторых, к утяжелению оползневых пород, в-третьих, к переходу консистенции оползневых пород от твердой к пластической и текучей.

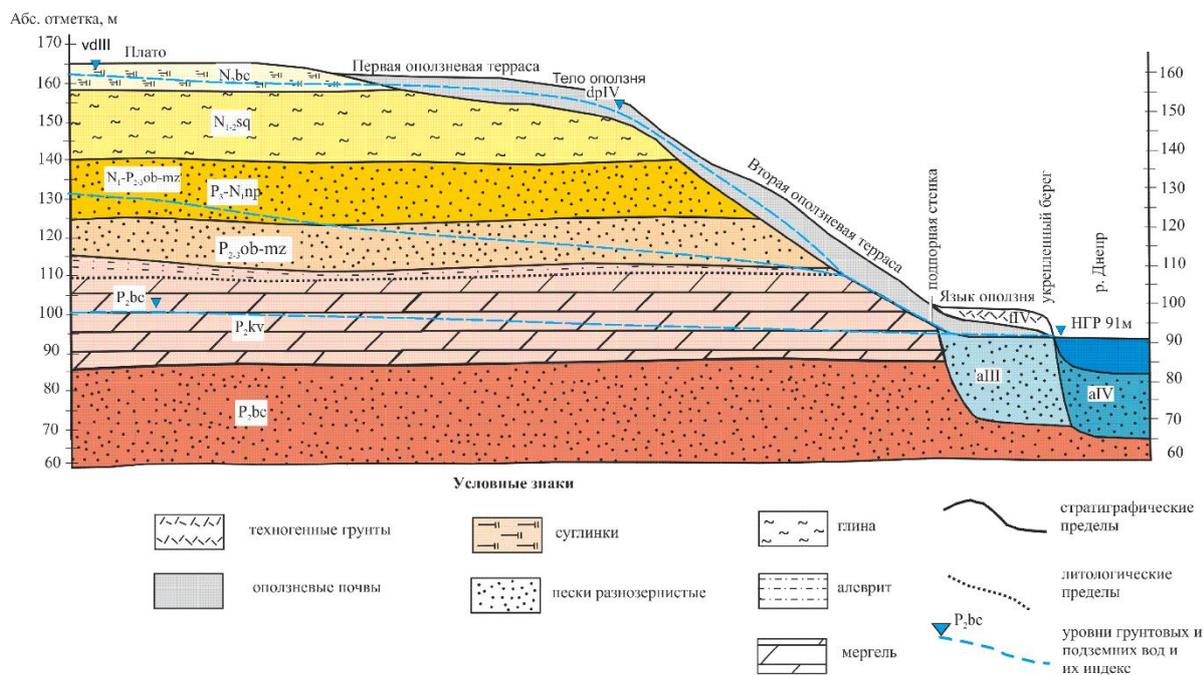


Рис. 2. Типичный гидрогеологический разрез днепровских склонов г. Киева

Fig. 2. Typical hydrogeological section of the Dnieper slopes in Kiev

Обобщив изложенное с учетом инженерно-геологических данных, можно сделать вывод, что повышенная способность к оползнеобразованию в природных и техногенных условиях территории исследований связана с действием природных и техногенных факторов.

Природные факторы:

- наличие склоновых форм с критическими уклонами ( $>18^\circ$ ) в покрывающих “рыхлых” породах флювиогляциального происхождения (песчано-суглинисто-глинистый состав);
- повышенная пораженность склонов эрозийными процессами, создающая локальные линейные и точечные участки ослабления стойкости присклонового породного массива (трещины присклоновых заколов, ослабленные локальные зоны и др.);

- значительная неоднородность механического состава и водно-физических свойств пород, которые составляют склоновые поверхности (песчаные, супесчаные, глинистые фракции) при условии водонасыщения и движения грунтовых вод, формирующих участки развития суффозионных процессов и ослабление устойчивости породного массива склонов.

*Таблица 1. Характеристика стратиграфических комплексов*

*Table 1. Characteristics of stratigraphic complexes*

Индекс	Геологическое описание пород	Мощность, м		Гидрогеологическая характеристика	Примечание
		Среднее Приднепровье	Территория исследований		
1	2	3	4	5	6
dp H	Делювиально-пролювиальные отложения: переотложенный аллювий грунт–суглинки, глина, супески, пески	–	0 – 8,8	–	Остатки оползневых грунтов
d P <sub>III</sub>	Делювиальные и эолово-делювиальные отложения: супески лессовидные с линзами и прослойками песка	1,5 – 18,0	1,2 – 2,8	–	–
g P <sub>II</sub>	Ледниковые отложения: моренные суглинки красновато- и желтовато-бурые, желтые	0,8 – 12,0	1,6 – 3,8	–	–
fg P <sub>II</sub>	Ледниковые отложения: подморенные флювиогляциальные пески	0,7 – 4,8	1,2 – 2,1	Водоносный горизонт в четвертичных отложениях	–

	мелко- и среднезернистые, желто-коричневые, желтые				
N <sub>2</sub> čb	Толща бурых глин	3,3 – 8,2	1,8 – 9,4	Водоупорный горизонт пестрых и красно-бурых глин	–
N <sub>12</sub> sq	Толща пестрых глин	4,2 – 12,6	10,2 – 12,2		
N <sub>1</sub> np	Новопетровские супески с линзами и прослойками мелкого песка и суглинка	19,5 – 26,5	2,0 – 3,5	Водоносный горизонт в отложениях в новопетровской, берекской и межигорской свит	Ранее полтавская свита
P <sub>3</sub> br	Берекские пески мелко- и среднезернистые с включением глин	19,5 – 26,5	5,0 – 8,0		
P <sub>3</sub> mž	Межигорские пески разнозернистые				
P <sub>2</sub> ob	Обуховские пески и алевриты (в подошве)	4,1 – 15,7	13,5 – 20,7	Водоносный горизонт в отложениях обуховской свиты	Ранее харьковская свита
P <sub>2</sub> kv	Киевские мергели, алевриты, глины	24,0 – 28,0	28,0	Водоупорный горизонт отложений киевской и обуховской свит	Ранее киевская свита
P <sub>2</sub> bč	Бучакские пески разнозернистые	–	11,0 – 14,0	Водоносный горизонт в отложениях	Ранее бучакская свита

Р <sub>2</sub> кп	Каневские пески разнозернистые			бучакской и каневской свит	Ранее каневская свита
-------------------	-----------------------------------	--	--	-------------------------------	-----------------------------

Техногенные факторы:

- дополнительная геомеханическая нагрузка на головную часть оползня и прилегающую присклоновую территорию вследствие застройки без учета текущих и долгосрочных изменений напряженно-деформированного состояния массива горных пород;
- замедление поверхностного стока вследствие планирования территории и барьерного влияния строений;
- уменьшение испарения влаги из зоны аэрации (ненасыщенной фильтрации) при асфальтировании, под строениями, при поливе и др.;
- увеличение питания грунтового водоносного горизонта и увлажнения глинисто-супесчано-песчаных пород зоны аэрации вследствие потерь воды из водопроводно-канализационных и теплоэнергетических коммуникаций;
- увеличение гидродинамического давления на склоновые поверхности вследствие техногенного подъема уровня грунтовых вод;
- активизация процессов механической и химической суффозии с последующим уменьшением плотности породного массива и его противооползневой способности.

Гидрогеологические условия территории исследований за последние годы имели устойчивое влияние природно-техногенного повышения уровня грунтовых вод на 1,5–2,9 м. Кроме того, по данным геофизических исследований, глубина зоны водонасыщения и капиллярной каймы составляет 1,5–2,5 м. Последнее существенно повышает риск выхода к земной поверхности границы полной водонасыщенности зоны аэрации.

Увлажнение грунтов происходит за счет транзита подземных вод с соседних вышележащих участков и за счет инфильтрации, т. е. просачивания в грунты поверхностных вод. Как отмечалось, последние могут быть природного (осадки) и искусственного, техногенного (утечки из коммуникаций, озер, полив территории), происхождения. Поэтому актуальны следующие задачи: 1) сравнительная оценка количества поверхностных вод природного и техногенного происхождения; 2) оценка баланса

транзитных и инфильтрационных вод; 3) выделение в инфильтрации природной и техногенной составляющих и оценка распределения инфильтрации по площади.

**Общая оценка полива и утечек из озер, приведенная к годовой норме осадков. Оценка полива.** В соответствии с имеющимися данными о расходе воды на полив при среднесуточной температуре 25°C, за основу взят график полива с периодичностью “через день” при норме полива 7 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>, т. е. 3,5 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут). Полив осуществлялся в течение полугода.

Расчет:

$$3,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 = \frac{3,5 \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}}{\text{м}^2} = \frac{3,5 \cdot 10^6 \text{ мм}^3}{10^6 \text{ мм}^2} = 3,5 \text{ мм}.$$

Следовательно, полив в течение суток аналогичен 3,5 мм осадков в сутки. За 182 сут (~ полгода) имеем: 3,5 м · 182 сут = 637 мм осадков.

Годовая норма для Киева составляет 650 мм, за апрель – сентябрь (время полива) норма полива для Киева по месяцам составляет, мм: апрель – 49; май – 53; июнь – 73; июль – 88; август – 69; сентябрь – 47.

Итого 49 + 53 + 73 + 88 + 67 + 47 = 377 мм.

С учетом полива имеем 377 + 637 = 1014 мм.

Таким образом, на территории, где задействован полив, за полгода полива получаем 1014 мм осадков, в том числе 377 мм природного происхождения (осадки), 637 мм – техногенного (полив).

По отношению к норме за полгода на поливной части территории имеем  $\frac{1014 \text{ мм}}{377 \text{ мм}} 100\% = 269\%$

нормы осадков. Это ведет к подтоплению территории и повышению оползневой опасности.

По отношению к годовой норме, т. е. за год, имеем (637 мм – полив, 650 мм – годовая норма):

$$\frac{637 + 650}{650} 100\% = 198\% \text{ годовой нормы осадков.}$$

Территория полива показана на рис. 1.

**Оценка утечки из озер.** Для оценки утечки из озер в период, когда отсутствовали осадки, а испаряемость приближалась к нулевой, был прекращен доступ воды в озера и слив из них в течение 2 сут: с 05.12. по 07.12.2011 г., и измерен относительный уровень по установленным стационарно линейкам (табл. 2).

**Таблица 2. Двухсуточный уровень воды озер**

**Table 2. Two-day water level of lakes**

Озеро	Уровень, мм	Уровень, мм	Разница, мм	Площадь озера, м <sup>2</sup>
		max	min	
1	650	625	25	3580
2	550	530	20	5250
3	475	470	5	1940
4	490	480	10	1750
Нижнее	280	270	10	3345
Верхнее	–	–	–	4525

Суточный объем утечки воды из озер составляет:

1)  $0,025 \text{ м} \cdot 3580 \text{ м}^2 : 2 = 44,75 \text{ м}^3$ ;

2)  $0,02 \text{ м} \cdot 5250 \text{ м}^2 : 2 = 52,5 \text{ м}^3$ ;

3)  $0,005 \text{ м} \cdot 1940 \text{ м}^2 : 2 = 4,85 \text{ м}^3$ ;

4)  $0,01 \text{ м} \cdot 1750 \text{ м}^2 : 2 = 8,75 \text{ м}^3$ ;

Верхнее + нижнее:  $0,01 \text{ м} \cdot 7870 \text{ м}^2 : 2 = 39,75 \text{ м}^3$ .

Объем утечки воды из всех озер составил  $44,75 + 52,5 + 4,85 + 8,75 + 39,75 = 151,6 \text{ м}^3$ .

“Смачиваемая” за счет утечки из озер площадь (за исключением озер) приблизительно составляет 16 га. В пересчете на норму осадков имеем:  $151,6 \text{ м}^3 : 160000 \text{ м}^2 = 0,95 \text{ мм}$  осадков. За год получаем  $0,95 \cdot 365 = 346,75 \text{ мм}$  осадков, что составляет  $\frac{346,75}{650} 100\% = 53\%$  годовой нормы.

Таким образом, с учетом утечек из озер имеем 153 % годовой нормы осадков. Это число следует считать несколько завышенным, поскольку в зимние месяцы, когда озера замерзают, утечки уменьшаются. Результаты расчетов обобщены в табл. 3.

Следует полагать, что в весенне-осенний период (апрель – сентябрь), когда осуществляется полив, территория получает 322 % полугодовой нормы осадков (100 % – собственно осадки, 169 % – вода полива, 53 % – утечка из озер), что ведет к дополнительной нагрузке на дренажную систему, подтоплению и повышению оползнеопасности. По отношению к годовой норме имеем 251 %. С учетом того, что для полива взято максимально возможное теоретическое число и предполагается

еженедельный полив (а в дожди его фактически нет), а также с уменьшением полива в весенние и осенние месяцы, реальная норма может быть несколько меньше, предположительно на 20 %. Тогда увлажнение за счет полива составит 510 мм (135 % полугодовой нормы и 78 % годовой нормы). Всего имеем 1505 мм, или 232 % нормы, за год и 1088 мм, т. е. 335 %, за полгода.

**Таблица 3. Количество природных и техногенных осадков в пределах исследуемой территории площадью 16 га**

**Table 3. Quantity of natural and technogenic rainfall**

Территория	Количество осадков							
	:	в миллиметрах			:	в миллиметрах		
		в % по отношению к годовой норме природных осадков				в % по отношению к полугодовой норме природных осадков		
		Полив	Утечка из озер	Всего	Природные осадки	Полив	Утечка из озер	Всего
16 га	650 мм	637	345	1632	377	637	172	1215
	100 %	98	53	251	100	169	53	322

Осадки	За год		За полгода	
	мм	%	мм	%
Природные	650	100	377	100
Техногенные:				
Полив	637	98	637	169
Утечка из озер	345	53	172	53
Всего	1632	251	1215	322

Примечание. Количество осадков в процентах рассчитано за год по отношению к годовой норме природных осадков, за полгода – к полугодовой норме.

Такое количество воды ведет к значительному переувлажнению территории с последующим подтоплением, дополнительной нагрузкой на дренажные системы, повышенной оползневой опасностью как для северных, так и для южных склонов территории.

**Расчет инфильтрации.** Осуществлен по методике Н.Н. Биндемана [3]. Исходными данными были результаты замеров уровней по наблюдательным скважинам ПС-1, ПС-3, ПС-4, ПС-5, ПС-6 (рис. 3).

Основная формула для расчета инфильтрации имеет вид:

$$W = \mu \frac{\Delta h + \Delta z}{\Delta t}, \quad (1)$$

где  $W$  – инфильтрация атмосферных осадков на единицу площади зеркала водоносного горизонта в единицу времени;  $\Delta h$  – наблюдаемое повышение уровня грунтовых вод после снеготаяния за время  $\Delta t$ ;  $\Delta z$  – величина, на которую снизился уровень грунтовых вод за время  $\Delta t$ ;  $\mu$  – принятая величина недостаточного насыщения.

Величины  $\Delta h$  и  $\Delta z$  определяются по графику режима грунтовых вод.

Если режимы грунтовых вод характеризуются не только весенним подъемом, но и повышениями, связанными с инфильтрацией дождевых осадков, то для каждого периода подъема уровня грунтовых вод должны быть произведены аналогичные расчеты, а затем величины ( $\Delta h + \Delta z$ ) просуммированы. Тогда в формуле (1)  $\Delta t = 365$  сут.

Графики уровней воды

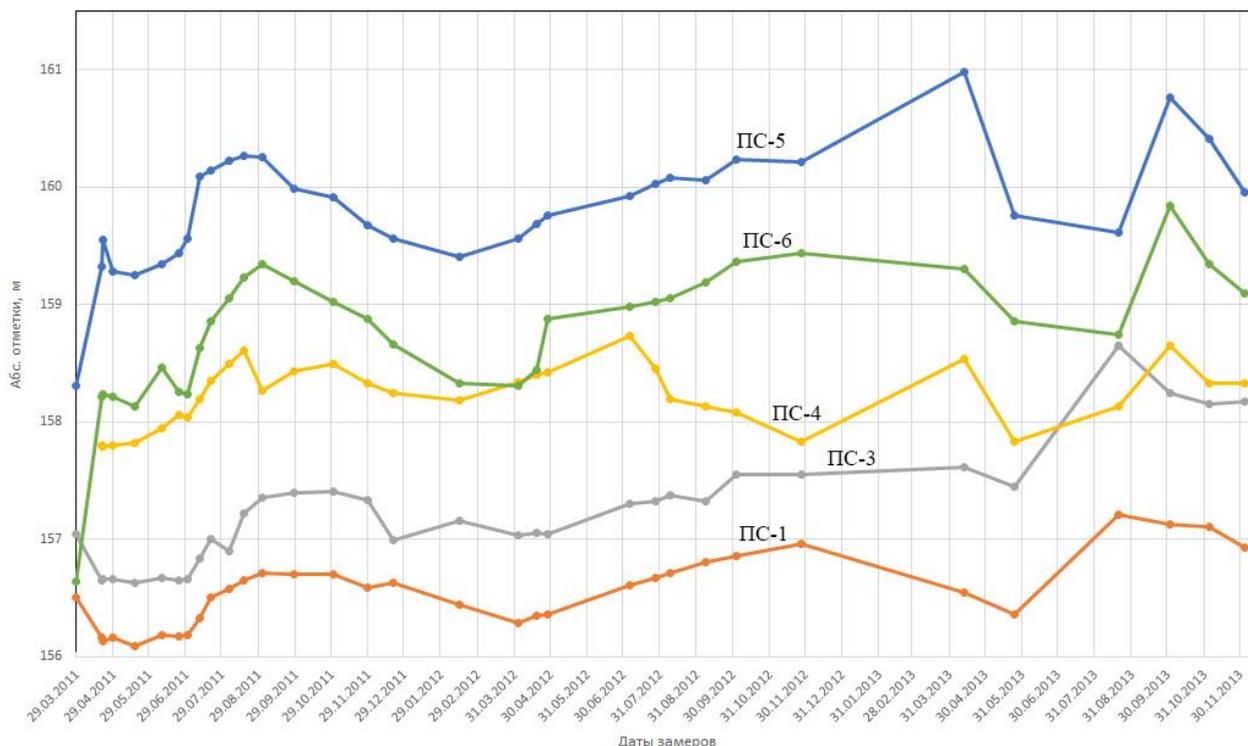


Рис. 3. Результаты замеров уровня воды по пьезометрическим скважинам

Fig. 3. Results of water level measurements for piezometric wells

В конкретном случае для расчетов приняты данные периода 2011–2012 г. При этом весенний подъем перешел в подъем, инициированный дождями. Разделить их невозможно, поэтому рассматривается один подъем величиной  $\Delta h$ , соответствующий конкретному времени  $\Delta t$ . Тогда величина годового питания грунтовых вод атмосферными осадками (величина инфильтрации), т. е. толщина слоя воды, просачиваемая в водоносный горизонт в течение года ( $y$ ), выражается формулой

$$y = 1000\mu(\Delta h + \Delta z), \tag{2}$$

где число 1000 – коэффициент размерности; величина  $y$  выражена в миллиметрах, а величина  $\Delta h$  и  $\Delta z$  – в метрах.

Для сопоставления подземного и поверхностного стоков целесообразно выражать величину питания подземных вод модулем подземного стока:

$$M_{\text{п}} = 0,0317y, \tag{3}$$

где  $M_{\text{п}}$  – модуль подземного стока с 1 км<sup>2</sup>, в дм<sup>3</sup>/с.

Годовое питание грунтовых вод (инфильтрация) по отношению к сумме атмосферных осадков определяется формулой

$$\frac{y}{P} 100\% , \quad (4)$$

где  $P$  – годовая сумма осадков, мм.

Результаты расчетов величины инфильтрации приведены в табл. 4.

**Таблица 4. Величина инфильтрации осадков**

**Table 4. The value of rainfall infiltration**

Номер скважины	Глубина кровли водоносного горизонта, м	Глубина уровня воды (июнь 2012 г.), м	Подъем уровня во время дождей (июнь–сентябрь 2011 г.), м	Инфильтрация за год, мм	Инфильтрация за год по отношению к сумме поверхностных вод, %
ПС-1	3,1	7,80	0,62	78	4,8
ПС-3	3,2	6,79	0,78	91	5,6
ПС-4	4,8	6,66	0,82	100	6,1
ПС-5	0,7	5,44	1,02	183	11,2
ПС-6	1,9	5,35	1,21	171	10,5

Таким образом, годовая инфильтрация на территории неодинакова и колеблется от 78 до 183 мм, или от 4,8 до 11,2 %. Среднее значение составляет:  $(78 + 91 + 100 + 183 + 171) : 5 = 124,2$  мм.

График зависимости годовой инфильтрации и глубины залегания кровли первичного от поверхности водоносного горизонта от глубины залегания уровня грунтовых вод (рис. 4) построен по данным табл. 4. По графику I однозначно устанавливается существенная корреляционная связь между величиной инфильтрации и глубиной залегания уровня подземных вод. Коэффициент корреляции очень высокий ( $-0,95$ ). График имеет форму нисходящей ветви параболы.

Наиболее вероятная причина полученной зависимости изменение глубины залегания кровли водоносного горизонта. Чем меньше глубина, тем меньше мощность горизонта, через который фильтруются поверхностные воды, тем больше инфильтрация. Подтверждением служит график II (рис.

4), на котором нет ярко выраженной зависимости, но тенденция очевидна – чем меньше глубина залегания водоносного горизонта, тем больше инфильтрация.

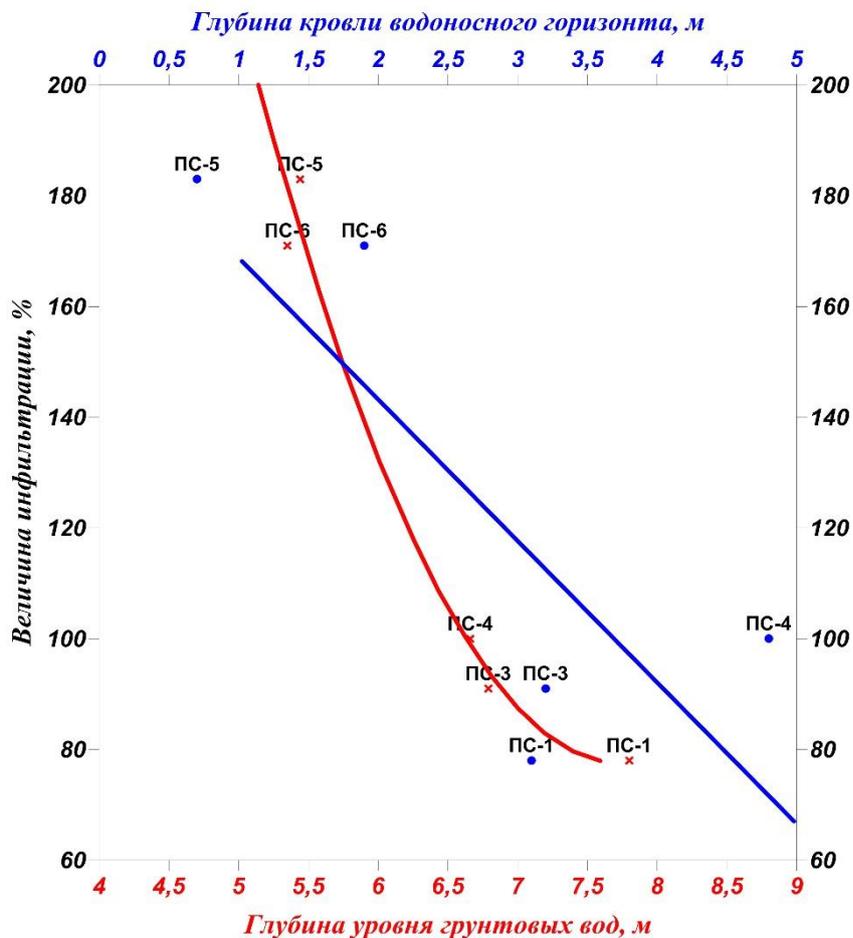


Рис. 4. Зависимость инфильтрации от глубин залегания кровли водоносного горизонта и уровня грунтовых вод

Fig. 4. Dependence graph of the infiltration value, the depth of aquifer roof and the depth of groundwater level

**Разделение инфильтрации на природную и техногенную составляющие.** Разделение инфильтрации на составляющие продемонстрируем на примере скв. ПС-1, воспользовавшись в качестве основы методикой В.А. Ампилова [3].

За годичный период с 16.05.11 по 15.05.12 г. в наблюдательной скв. ПС-1 амплитуда весеннего подъема составляла 21,3, а годовая – 42 мм. Длительность весеннего подъема с 03.04.12 по 15.05.12 г. составила 42 сут, а спада с 16.05.11 по 03.04.12 г. – 324 сут (при “спаде” не учитывается подъем за счет дождей). Суммарная инфильтрация на участке расположения скв. ПС-1 за год, вычисленная

балансовым методом, составила 78 мм (табл. 4). Отношение весенней амплитуды колебания грунтовых вод к годовой равно:  $14,9 : 42 = 0,35$ . Вначале допускаем, что потери производственно-хозяйственных вод происходят только в период летне-осеннего спада (324 сут). Тогда из полученного соотношения амплитуд следует, что инфильтрация осадков составляет 35 %/год (27,3 мм), а потери производственно-хозяйственных вод – 65 %/год (50,7 мм).

Затем определяем величину потерь в сутки за период летне-осеннего спада уровня воды:  $50,7 : 324 = 0,16$  мм/сут. Поскольку потери носят постоянный характер, определяем их величину и за период весеннего подъема:  $42 \cdot 0,16 = 6,7$  мм. Общие потери производственно-хозяйственных вод в течение годового цикла наблюдений будут равны:  $50,7 + 6,7 = 57,4$  мм/год. Действительная величина инфильтрации атмосферных осадков составит  $78 - 57,4 = 20,6$  мм/год.

Таким образом, полив и утечки из озер (результат производственно-хозяйственной деятельности) дают дополнительно годовой нормы инфильтрации природных осадков для участка скважин ПС-1  $57,4 : 20,6 \cdot 100 \% = 279 \%$ . Полученные результаты расчетов в соответствии с излагаемой методикой сведены в табл. 5. Согласно данным табл. 6 инфильтрация техногенных вод по сравнению с инфильтрацией природных вод имеет существенную роль. Этого следовало ожидать, и из баланса природных и техногенных осадков.

Сравнение данных табл. 6 с распределением природных и техногенных осадков (табл. 3) демонстрирует следующие соотношения (взяв весенне-летне-осенний период полива):

осадки = природные + техногенные (за год):  $251 \% = 100 \% + 151 \%$  (см. табл. 3);

инфильтрация = природных вод + техногенных вод:  $283 \% = 100 \% + 183 \%$  (см. табл. 6);

осадки = природные + техногенные (за полгода):  $322 \% = 100 \% + 222 \%$  (см. табл. 3).

**Таблица 5. Результаты расчетов по оценке составляющих инфильтрации**

**Table 5. Calculation results of estimated components of infiltration**

№ п/п	Показатель	Скважина				
		ПС-1	ПС-2	ПС-3	ПС-4	ПС-5

1	Период наблюдений		16.05.11– 15.05.12	16.05.11– 15.05.12	16.05.11– 15.05.12	16.05.11– 15.05.12	16.05.11– 15.05.12
2	Амплитуда весеннего подъема, мм		14,9	12,8	25,5	42,5	49
3	Годовая амплитуда подъема, мм		42	37	43	86	103
4	Период весеннего подъема и его длительность	от до	03.04.12– 15.05.12	03.04.12– 15.05.12	14.02.12– 15.05.12	14.02.12– 15.05.12	03.04.12– 15.05.12
		сут	42	42	90	90	42
5	Период летне-осеннего спада и его длительность	от до	16.05.11– 03.04.12	16.05.11– 03.04.12	16.05.11– 14.02.12	16.05.11– 14.02.12	16.05.11– 03.04.12
		сут	324	324	276	276	324
6	Отношение амплитуды весеннего подъема к годовой амплитуде		$14,9:42=0,35$	$12,8:37=0,35$	$25,5:43=0,59$	$42,5:86=0,49$	$49:103=0,48$
7	Суммарная годовая инфильтрация, мм		78	91	100	183	171
8	Инфильтрация атмосферных осадков за период весеннего подъема:	%	35	35	59	49	48
		мм	$78 \cdot 0,35 = 27,3$	$91 \cdot 0,35 = 31,9$	$100 \cdot 0,59 = 59$	$183 \cdot 0,49 = 89,7$	$171 \cdot 0,48 = 82,1$
9	Потери	%	65	65	41	51	52

	(инфильтрация) производственно- хозяйственных вод за период летне-осеннего спада:	мм	$78-0,65= 50,7$	$91-0,65=$ 59,1	$100-0,41$ = 41	$183-0,51=$ 93,3	$171-0,52=$ 88,9
10	Суточные потери производственно- хозяйственных вод за период летне-осеннего спада, мм/сут		$50,7:324= 0,16$	$59,1:324=$ 0,18	$41:276=$ 0,34	$93,3:276=$ 0,34	$88,9:324=$ 0,27
11	Потери производственно- хозяйственных вод за период весеннего подъема, мм		$42-0,16= 6,73$	$42-0,18=$ 7,69	$90-0,15=$ 13,5	$90-0,34=$ 30,6	$42-0,27=$ 11,3
12	Общие потери (инфильтрация) производственно- хозяйственных вод за год, мм		$50,7+6,7=57,4$	$59,1+7,6=$ 66,7	$41+13,5=$ 54,5	$93,3+30,6$ =123,9	$88,9+11,3$ = 100,2
13	Инфильтрация атмосферных осадков за год, мм		$78-57,4 = 20,6$	$91-66,7 =$ 24,3	$100-54,5$ = 45,5	$183-123,9$ = 59,1	$171-100,2$ =70,8
14		мм	$57,4:20,6$	$66,7:24,3$	$54,5:45,5$	$123,9:59,1$	$100,2:70,8$

Соотношение инфильтрации за счет производственно-хозяйственных потерь и атмосферных осадков:	%	279:100	274:100	120:100	210:100	142:100
--	---	---------	---------	---------	---------	---------

Полученные результаты (см. в табл. 6) следует считать удовлетворительными. Если принять во внимание, что основная часть инфильтрации связана с летним подъемом уровней, обеспеченным летними (июнь–август) дождями, то становится очевидным, что соотношение  $251 < 283 < 322$  является единственно верным.

*Таблица 6. Результаты расчленения суммарной инфильтрации на природную и техногенную составляющие*

*Table 6. Results of dismemberment of total infiltration on the natural and technogenic components*

Номер скважины	Инфильтрация, мм/год		
	суммарная по скважинам	атмосферных осадков	производственно-хозяйственных вод
ПС-1	78	20,6	57,4
ПС-3	91	24,3	66,7
ПС-4	100	45,5	54,5
ПС-5	183	59,1	123,9
ПС-6	171	70,8	100,2
Среднее значение по территории*	124,6/283	44,1/100	80,5/183

\*Перед косой – значение в миллиметрах, за косой – в процентах.

За 100 % взято количество природных атмосферных осадков, а процент техногенных (производственно-хозяйственных вод) рассчитан по отношению к природным.

Полученное значение годовой инфильтрации 124,6 мм (44,1 мм – за счет природных осадков, 80,5 мм – за счет поверхностных вод техногенного происхождения) является объективным.

Расчеты устойчивости склона для участка оползня 1, выполненные различными организациями в 2009–2012 г., позволили оценить оползнеопасность в количественном измерении. В природных условиях значения коэффициентов устойчивости по различным плоскостям скольжения установленным бурением и геофизическими исследованиями, колебались в пределах 1,7–3,5, т. е. для соответствующего обстановке уровня ответственности критического значения 1,25 значительно его превышали. При полном увлажнении отдельных инженерно-геологических элементов, соответствующем изложенной выше информации, значения коэффициентов устойчивости снижались (0,6–1,0) – (1,04–1,17) в зависимости от принятых методик расчетов. Оползень 1 активизировался весной 2013 г. по плоскости скольжения, для которой в условиях избыточного увлажнения расчетные значения коэффициентов устойчивости находились в пределах 0,9–1,04. Таким образом, причина оползнеобразования была установлена однозначно.

С целью уменьшения избыточного увлажнения пород предложены следующие мероприятия:

- сокращение расхода воды для полива территории путем перехода на “капельную” систему;
- бурение гидрогеологических скважин для обустройства гидравлической связи между безнапорным и напорным водоносными горизонтами для снижения напора в последнем;
- бурение дополнительных наблюдательных гидрогеологических скважин для контроля эффективности мероприятий предыдущих пунктов.

В перспективе следует полагать целесообразным продолжение режимных гидрогеологических наблюдений: контроль расхода полива по блокам территорий; локализация мест утечек из озер; проведение повторных расчетов баланса по описанной выше методике как составляющих гидрогеологического мониторинга территории. Эффективность принятых решений планируется продемонстрировать последующих публикациях.

## **Выводы**

1. Одной из основных причин повышенной оползневой опасности на территории урочища “Межигорье” является увлажнение горных пород за счет транзита подземных вод из смежных вышележащих участков и за счет инфильтрации, т. е. просачивания в грунты поверхностных вод. Поэтому актуальными являются следующие задачи: 1) сравнительная оценка количества поверхностных вод природного (осадки) и техногенного (полив, утечки) происхождения; 2) оценка баланса транзитных и инфильтрационных вод; 3) выделение в инфильтрации природной и техногенной сопоставляющих и оценка распределения инфильтрация по площади.

2. За один год территория получает 1612 мм поверхностных вод, из них 650 мм – природные осадки, 637 мм – вода полива, 345 мм – утечка из озер. В процентном выражении имеем 251 % годовой нормы (100 % – природные осадки, 98 % – полив, 53 % – утечка из озер). Наиболее неблагоприятным является период полива (апрель–сентябрь), в течение которого территория получает 1215 мм поверхностных вод из 1612 мм годовых. При этом распределение их следующее: 377 мм (100 % полугодовой нормы) – природные осадки, 637 мм (169 %) – вода полива, 172 мм (53 %) – утечка из озер. Всего имеем 322 % полугодовой нормы осадков. Значительный избыток влаги по сравнению с нормой природных осадков неизбежно ведет к повышенной нагрузке дренажных систем, подтоплению, оползневой опасности.

3. Величина инфильтрации поверхностных вод в горные породы оценена отдельно по наблюдательным скважинам, расположенным на территории. Она колеблется от 78 до 183 мм по различным участкам и составляет от 4,8 % до 11,2 % годовой суммы поверхностных вод в 1632 мм при среднем значении 124,6 мм (7,6 %). По отношению к годовой норме осадков (650 мм) имеем 19,2 %. Полученное значение 7,6 % типично для территории распространение водно-ледниковых и моренных образований в Киеве и его окрестностях.

4. Среднее значение инфильтрации в 124,6 мм – очень высокое (норма 32–45 мм), о чем свидетельствует процент по отношению к осадкам – 19,2 % (обычно 4–8). Этот факт можно объяснить только существенной ролью инфильтрации техногенных вод. Согласно результатам расчетов, из общей инфильтрации в 124,6 мм на природную составляющую приходится 44,1 мм, на техногенную – 80,5 мм. Если природную составляющую принять за 100 %, то техногенная составит 183 %. В сумме имеем 283 %, или почти тройную норму. Как указано выше в п. 2 выводов, годовое количество поверхностных вод на территории составляло 235 % нормы, а полугодое с летним периодом – 322

%. Полученное соотношение  $251 \text{ мм} < 283 \text{ мм} < 322 \text{ мм}$  – единственно верное. Поэтому, значение годовой инфильтрации на территории 124,6 мм (44,1 мм – за счет природных осадков, 80,5 мм – за счет поверхностных вод техногенного происхождения) является объективным и может быть использовано для дальнейших расчетов и прогнозов.

5. Количественная оценка оползнеустойчивости склона для участка оползня 1, который активизировался весной 2013 г., показала, что при оценках избыточного увлажнения значение коэффициента устойчивости снижается от 1,7 до 0,9. Следовательно, инфильтрационная техногенная нагрузка – основная причина оползнеобразования.

### Список библиографических источников

1. Беспалова О.М. Динаміка зсувного процесу Середнього Придніпров'я на прикладі ділянки Трипілля–Канів: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2003. 24 с.
2. Билеуш А.И. Оползни и противооползневые мероприятия. К.: Наук. думка, 2009. 560 с.
3. Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. К.: Вища шк. Голов. вид.-во 1989. 407 с.
4. Гошовський С.В., Рудько Г.І., Блінов П.В. Інженерно-геологічний аналіз, моніторинг та захист території від зсувів. Л.: ЗУКЦ, Держ. ком. природ. ресурсів України, Ін-т геол. наук. НАН України, 2004. 150 с.
5. Демчишин М.Г. Техногенні впливи на геологічне середовище території України. К.: Гнозис, 2004. 156 с.
6. Климчук Л.М., Блінов П.В., Величко В.Ф., Примушко С.І., Фесенко О.В., Шестопалов В.М. Сучасні інженерно-геологічні умови України як складова безпеки життєдіяльності. К., 2008. 265 с.
7. Кузьменко Е.Д., Безсмертний А.Ф., Вдовина О.П., Крив'юк І.В., Чебан В.Д., Штогрин Л.В. Дослідження зсувних процесів геофізичними методами: монографія. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. 294 с.
8. Кузьменко Е.Д., Журавель О.М., Чепурна Т.Б., Чепурний І.В., Штогрин Л.В. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 1. Теоретичні передумови прогнозування екзогенних геологічних процесів. Закономірності активізації зсувів. *Геоінформатика*. 2011. № 3. С. 61–74.

9. Кузьменко Е.Д., Журавель О.М., Чепурна Т.Б., Чепурний І.В., Штогрин Л.В. Прогнозування екзогенних геологічних процесів. Частина 2. Закономірності розвитку поверхневих проявів карсту та селів. Геоінформаційна система прогнозування екзогенних геологічних процесів. *Геоінформатика*. 2011. № 4. С. 58–77.
10. Кузьменко Е.Д., Чепурний І.В., Нікіташ О.О., Штогрин Л.В. Довгостроковий прогноз зсувної активності на території правобережжя Київського водосховища. *Геодинаміка*. 2012. № 1 (12). С. 93–102.
11. Кузьменко Э.Д., Крыжанивский Е.И., Карпенко А.Н., Журавель А.М. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползней и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие. Диплом № 310. Научные открытия: сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. 2006. М.: МААНОИ, 2007. С. 64–65.
12. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році. К.: ДП “Агенство Чорнобильінформ”, 2015. 365 с.
13. Нікіташ О.П., Кондратюк С.В., Федоренко А.С. Звіт про проведення обстеження ґрунтів з метою визначення заходів з ліквідації ерозійно-небезпечних зон міста Києва: [звіт] ДП “Українська геологічна компанія”. К., 2013. 33 с.
14. Нікіташ О.П., Расовський В.М., Кондратюк С.В., Сидорова Н.М., Федоренко А.С., Кормила С.Т., Каленичук-Порханова Ж.О. Створення бази даних розповсюдження та розвитку екзогенних геологічних процесів і проведення комплексної обробки матеріалів з оцінкою динаміки та попередження наслідків впливу цих процесів на довкілля м. Києва. Створення проблемно-орієнтованого комплексу контролю та проведення робіт щодо його комп’ютерного оснащення: [звіт] ПДРГП “Північгеологія”. К., 2003. 86 с.
15. Приходько В.В., Рудько Г.І., Нікіташ О.П., Расовський В.М., Сидорова Н.Ф., Кондратюк С.В. Розвиток небезпечних зсувних геологічних процесів на території Київської області. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2005. № 6. С. 52–61.
16. Рудько Г.І., Гошовський С.В. Екологічна безпека техноприродних геосистем (наукові та методичні основи): монографія. К.: ЗАТ “Нічлава”, 2006. 464 с.

17. Рудько Г.И. Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты). К.: Задруга, 2006. 624 с.
18. Рудько Г.И., Осиюк В.А. Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы): в 2 т. Черновцы: Букрек, 2012. Т. 1. 592 с.
19. Kyoji Sassa, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Vol. 1. The International Programme on Landslides (IPL). Bücher: SpringerLink, Springer, 2014. 493 p.
20. Kyoji Sassa, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Vol. 2. Methods of Landslide Studies. Bücher: SpringerLink, Springer, 2014. 851 p.
21. Kyoji Sassa, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 3. Targeted Landslides. Bücher: SpringerLink, Springer, 2014. 717 p.
22. Materials of proceedings 33rd International Geological Congress, 6-14<sup>th</sup> August 2008. Oslo, Norway. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

*Поступила в редакцію 23.12.2016 г.*

## **НАДМІРНЕ ЗВОЛОЖЕННЯ ЯК ФАКТОР АКТИВІЗАЦІЇ ЗСУВІВ НА СХИЛАХ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

*Е.Д. Кузьменко<sup>1</sup>, О.П. Нікіташ<sup>2</sup>, С.О. Яковлев<sup>3</sup>, Ю.В. Герук<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна, kuzmenko-eduard@rambler.ru*

*<sup>2</sup>Державне підприємство "Українська геологічна компанія", пров. Геофізиків, 10, м. Київ, 02000, Україна, centr gidro@mail.ru*

*<sup>3</sup> Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору, Чоколівський бульвар, 13, м. Київ, 03186, Україна, yakovlev@niss.gov.ua*

З використанням методик М. Біндемана, В. Ампілова і авторських розробок встановлено, що територія досліджень отримує потрібну норму поверхневих вод порівняно з кількістю природних опадів. Кількісно оцінено всі техногенні складові та доведено більш ніж потрібне збільшення інфільтрації у водоносні горизонти з подальшим розвантаженням на схилі водосховища. Остання обставина спричинила активізацію зсувних процесів у значних масштабах.

**Ключові слова:** опади, природна і техногенна складові інфільтрації, зсуви.

## **EXCESS MOISTENING AS A FACTOR OF LANDSLIDE ACTIVATION ON THE SLOPES OF THE KIEV WATER RESERVOIR**

*E.D. Kuzmenko<sup>1</sup>, A.P. Nikitash<sup>2</sup>, E.A. Yakovlev<sup>3</sup>, Yu.V. Heruk<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 15, Carpathian Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine, e-mail: kuzmenko-eduard@rambler.ru*

*<sup>2</sup>State company "Ukrainian Geological Company", 10, Geofizikov Lane, Kyiv, 02000, Ukraine, e-mail: centrghidro@mail.ru*

*<sup>3</sup>Institute of Telecommunications and Global Information Space, 13, Chokolovsky Boulevard, Kyiv, 03186, Ukraine, e-mail: yakovlev@niss.gov.ua*

**Purpose.** The aim of the research is to study the moistening of subsurface soils under intensive technogenic load of the territory with further distribution of priority tasks such as comparative assessment of the amount of natural and technogenic surface water, balance assessment of transit and infiltration water; selection of natural and technogenic components in the infiltration. The object of the study is the territory of the tract Mezhygorie on the right bank of the Kiev hydroelectric station water reservoir. The authors used detailed geological characteristics of the territory, regime measurements of groundwater levels, graphics of irrigation area and leakage from water bodies, information about the number of natural rainfall as initial data.

**Design/methodology/approach.** Calculation of infiltration and its division into natural and technogenic components are made taking into account methods created by N. Bindeman, V. Anpilov and elaborations made by authors based on observations of groundwater level regime on monitoring wells and comparative characteristics of their regime in the high water (spring and summer) and low water (summer-autumn) periods.

**Findings.** During investigations, the authors reduced the technogenic component of subsurface water to units that are comparable with the amount of rainfall. As a result, we have the opportunity to use quantitative

assessment of the balance of the natural and technogenic components of rainfall and surface waters as a basis for calculating the infiltration. The authors estimated the ratio of natural and technogenic water that is equal to one to two. All components of infiltration were quantified and authors proved more than a threefold increase of infiltration into the aquifer at the expense of amount of technogenic waters, followed by unloading the aquifer on the slope of the water reservoir.

**Practical value/implications.** Slope stability calculations for predominant area of the territory of landslide studies on the observation platform allowed us to estimate the risk of landslides in quantitative calculation. With these estimates of excess moistening and full water flooding of separate engineering and geological elements the value of stability coefficient decreases in comparison with the natural regime for determined slipping plane from 1.7 to 0.9. Consequently, infiltration technogenic load is the main cause of landslides and thus activation of landslide in recent years.

**Keywords:** rainfall, natural and technogenic components of infiltration, landslides.

#### **References:**

1. Bespalova O.M. Dynamika zsuivnoho protsesu Serednoho Prydniprovia na prykladi dilianky Trypillia-Kaniv: avtoref. dys. kand. geol. nauk. Kyiv, Instytut geolohichnykh nauk, Natsionalna Akademiia Nauk Ukrainy, 2013, 24 p. [in Ukrainian].
2. Bileush A. I. Opolzni i protivopolznevye meropriyatiya. Kiev: Naukova dumka, 2009. 560 p. [in Russian].
3. Borevskiy B.V., Drobnokhod N.I., Yazvin L.S. Otsenka zapasov podzemnykh vod. Kiev: Vyscha shkola. Golovnoe izdatelstvo, 1989. 407 p. [in Russian].
4. Hoshovskyi S. V., Rudko H. I., Blinov P. V. Inzhenerno-geolohichniy analiz, monitorynh ta zakhyst terytorii vid zsuiviv. Lviv: ZUKTs, Derzhavnyi komitet pryrodnykh resursiv Ukrainy, Instytut geolohichnykh nauk, Natsionalna Akademiia Nauk Ukrainy, 2004. 150 p. [in Ukrainian].
5. Demchyshyn M.H. Tekhnohenni vplyvy na geolohichne seredovyshe terytorii Ukrainy. Kyiv: Hnozis, 2004. 156 p. [in Ukrainian].

6. Klymchuk L. M., Blinov P. V., Velychko V. F., Prymushko S. I., Fesenko O. V., Shestopalov V. M. Suchasni inzhenerno-geolohichni umovy Ukrainy yak skladova bezpeky zhyttiediialnosti. Kyiv, 2008. 265 p. [in Ukrainian].
7. Kuzmenko E.D., Bezsmertnyi A.F., Vdovyna O.P., Kryviuk I.V., Cheban V.D., Shtohryn L.V. Doslidzhennia zsumnykh protsesiv geofizychnymy metodamy. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2009. 294p. [in Ukrainian].
8. Kuzmenko E.D., Zhuravel O.M., Chepurna T.B., Chepurnyi I.V., Shtohryn L.V. Forecasting of exogenous geological processes. Part 1. Theoretical backgrounds of Forecasting. Principles of Landslides activation *Geoinformatika*, 2011, no. 3, pp. 61-74. [in Ukrainian].
9. Kuzmenko E.D., Zhuravel O.M., Chepurna T.B., Chepurnyi I.V., Shtohryn L.V. Forecasting of exogenous geological processes. Part 2. Mechanism of development of the surface karts and mud flow processes. GIS of EGP prediction. *Geoinformatika*, 2011, no. 4, pp. 58-77. [in Ukrainian].
10. Kuzmenko E.D., Chepurnyj I.V., Nikitash E.A., Shtogrin L.V. The long-term temporal prediction of the landslides activity in the right bank of Kiev reservoir. *Geodynamika*, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 93-102 [in Ukrainian].
11. Kuzmenko E.D., Kryzhanivskiy E.I., Karpenko A.N., Zhuravel A.M. Zakonomernaya svyaz mezhdru velichinami veroyatnostey vzniknoveniya opolzney i opolznevoy opasnosti pri kompleksnom vozdeystvii prirodno-tekhnogennykh faktorov. Nauchnoe otkrytie. Diplom No 310. Nauchnye otkrytiya: sbornik kratkikh opisaniy nauchnykh otkrytiy, nauchnykh idey, nauchnykh gipotez. 2006. Moscow: MAANOI, 2007, pp. 64-65. [in Russian].
12. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2014 rotsi. Kyiv: DP "Ahenstvo Chornobylinform", 2015. 365 p. [in Ukrainian].
13. Nikitash O.P., Kondratiuk S.V., Fedorenko A.S. Zvit pro provedennia obstezhennia gruntiv z metoiu vyznachennia zakhodiv z likvidatsii eroziino-nebezpechnykh zon mista Kyieva. DP "Ukrainska geolohichna kompaniia". Kyiv, 2013. 33 p. [in Ukrainian].
14. Nikitash O.P., Rasovskyi V.M., Kondratiuk S.V., Sydorova N.M., Fedorenko A.S., Kormyla S.T., Kalenyuk-Porkhanova Zh.O. Stvorennia bazy danykh rozpovsiudzhennia ta rozvytku ekzohennykh geolohichnykh protsesiv i provedennia kompleksnoi obrobky materialiv z otsinkoiu dynamiky ta poperedzhennia naslidkiv vplyvu tsykh protsesiv na dovkillia m. Kyieva. Stvorennia problemno-

orijentovanoho kompleksu kontroliu ta provedennia robit shchodo yoho kompiuternoho osnashchennia. PDRHP "Pivnichgeologiya". Kyiv, 2003. 86 p. [in Ukrainian].

15. Prykhodko V.V., Rudko H.I., Nikitash O.P., Rasovskyi V.M., Sydorova N.F., Kondratiuk S.V. Rozvytok nebezpechnykh zsumnykh geolohichnykh protsesiv na terytorii Kyivskoi oblasti. *Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiediialnosti*, 2005, no. 6, pp. 52-61. [in Ukrainian].

16. Rudko G.I., Goshovskyi S.V. Ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh geosystem (naukovi ta metodychni osnovy). Kyiv: ZAT "Nichlava", 2006. 464 p. [in Ukrainian].

17. Rudko G.I. Erysh I.F. Opolzni i drugie geodinamicheskie protsessy gornoskladchatykh oblastey Ukrainy (Krym, Karpaty). Kiev, Zadruga, 2006. 624 p. [in Russian].

18. Rudko G.I., Osiyuk V.A. Inzhenernaya geodinamika Ukrainy i Moldovy (opolznevye geosistemy). Chernovtsy: Bukrek, 2012. Vol.1. 592 p. [in Russian].

19. *Kyoji Sassa*, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 1: The International Programme on Landslides (IPL). Bücher: SpringerLink, Springer, 2014. 493 p.

20. *Kyoji Sassa*, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 2: Methods of Landslide Studies. Bücher: SpringerLink, Springer, 2014. 851 p.

21. *Kyoji Sassa*, Paolo Canuti, Yueping Yin. Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 3: Targeted Landslides. Bücher: SpringerLink, Springer, 2014. 717 p.

22. *Materials of proceedings 33rd International Geological Congress, 6-14<sup>th</sup> August 2008, Oslo, Norway, 2008. CD-ROM.*

*Received 23/12/2016*