

## ДИЛАТАНСИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И СМЕЩЕНИЯ В ВЫРАБОТКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ЗАКРЕПНОГО ПРОСТРАНСТВА

*А.Е. Клыков, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленно-  
сти, Украина*

Рассматривается задача определения смещений контура выработки круглого сечения, вызванных увеличением объема пород в зоне неупругих деформаций, при различном состоянии закрепного пространства.

**Введение.** Уменьшение затрат на поддержание подземных выработок при сохранении их устойчивого состояния является актуальной задачей, решение которой возможно при корректном прогнозе смещений и выборе параметров крепления. Сложность проблемы объясняется специфичностью поведения горных пород, которая заключается в увеличении объема (дилатансии) при деформировании и разрушении в условиях неравнокомпонентного сжатия, характерного для окрестности выработок. Исследования показали, что именно дилатансия является причиной больших смещений в выработках, подверженных повышенному горному давлению. Несмотря на обширность этих исследований, остаются до настоящего времени неразрешёнными некоторые аспекты данной проблемы, к которым можно отнести влияние состояния закрепного пространства, сил тяжести пород на напряженное состояние и дилатансию кровли, почвы и боков выработки.

Дилатансия пород оказывает значительное влияние на напряжения и смещения в окрестности подземных выработок. В особенности это проявляется в подготовительных выработках в зоне влияния очистных работ, когда выработка находится под действием временного опорного давления. Именно в этот период происходит наибольший рост деформаций. Это не может быть объяснено ползучестью пород, поскольку период является кратковременным. Наблюдающееся на практике в зоне временного опорного давления пучение почвы выработок может достигать 1 м и более при наличии в почве трещин разрыва, в совокупности не превышающих 10-15 см. Очевидно, что происходит заполнение сечения выработки расширяющимися породами. Теория пластичности объяснения этому не дает, поскольку в её уравнениях заложено предположение о неизменности объема материала в предельном состоянии.

Известно, что на участках выработок с оставленным свободным или плохо забученным закрепным пространством могут наблюдаться большие деформации крепи под действием выдавливаемых в выработку пород. Это также связано с расширением пород в запредельном состоянии.

**Целью работы** является анализ результатов исследований поведения горных пород в запредельном состоянии и отыскание связи смещений в выработке с дилатансией.

**Анализ результатов исследований, постановка задачи и решение.** При испытании горных пород в установках на объёмное сжатие происходит увеличение объёма (дилатансия) при выходе образца из предельного состояния и переходе в запредельное, которое сопровождается падением сжимающего усилия без появления видимых нарушений сплошности

Диаграмма испытания на сжатие легко прослеживается до максимальной (предельной) величины сжимающего усилия. Однако последующее лавинообразное падение этого усилия на запредельном участке диаграммы не позволяет получить её на обычном прессе. Наиболее корректно запредельные характеристики определяют путем испытаний в установках на объёмное сжатие. Для этого образец цилиндрической формы помещается в камеру высокого давления. Нагружение производится по схеме Кармана, согласно которому на боковую поверхность образца оказывается постоянное по величине давление при возрастающем давлении вдоль оси.

Вначале осевое давление растёт до некоторой максимальной величины (кривая 1 на рис. 1), которая соответствует предельному напряжению  $\sigma_1^{пр}$  и в совокупности с заданным боковым давлением  $\sigma_3$  определяет круг предельных напряжений Мора. Дальнейший рост деформаций  $\epsilon$  происходит в запредельном состоянии и сопровождается падением продольного

усилия до некоторой величины, соответствующей остаточной прочности породы, и дилатансией - увеличением объема, достигающего при одноосном сжатии, т.е. при отсутствии бокового давления, для многих горных пород 10% и более [3].

При увеличении бокового давления  $\sigma_3$  можно получить подобные кривые, расположенные выше (кривые 2 и 3), для которых характерно уменьшение участка спада и приближение остаточной прочности к максимальному напряжению.

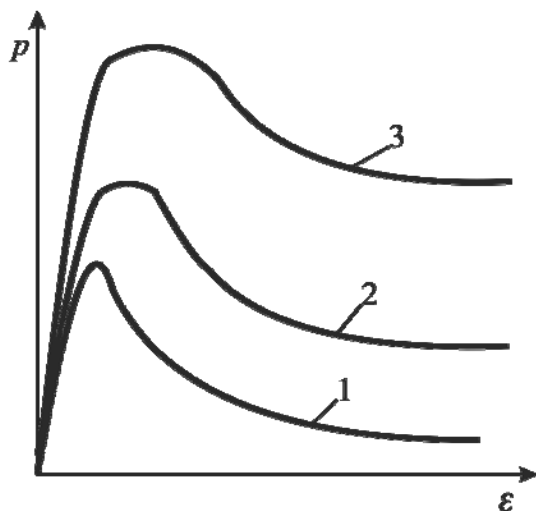


Рис.1. Диаграммы сжатия горных пород

Испытания в установках на объемное сжатие [2,3] имеют целью изучить поведение горных пород с переходом в предельное и запредельное состояние при фиксированном значении минимального напряжения.

Зависимость предельного напряжения  $\sigma_1^{pp}$  от минимального  $\sigma_3$  удовлетворительно аппроксимируется прямой линией, что соответствует прямолинейной огибающей предельных кругов Мора, принятой для описания свойств горных пород. Тогда связь между главными напряжениями в предельном состоянии запишется:

$$\sigma_1^{pp} = c \sigma_3 + \sigma_{сж} , \quad (1)$$

где  $\sigma_{сж}$  – прочность на одноосное сжатие,  $c = (1 + \sin\rho)/(1 - \sin\rho)$ ,  $\rho$  – угол внутреннего трения.

Анализ кривых на рис. 1 показывает, что остаточная прочность также зависит от минимального напряжения.

Построенный на основании результатов испытаний, приведенных в работе [1], график этой зависимости для мрамора представляет собой прямую линию. Аналогичные испытания других видов пород [2] показывают, что остаточная прочность имеет тенденцию возрастания с увеличением минимального напряжения. Авторы не задавались целью исследовать этот вопрос, поэтому акцент на соответствующие результаты в этой работе отсутствует. Анализируя эти исследования, следует отметить, что с увеличением бокового давления участок спада на диаграммах уменьшается, а остаточная прочность приближается к предельному напряжению.

Таким образом, зависимость остаточной прочности от минимального напряжения может быть принята в виде

$$\sigma_1^o = k \sigma_3 + \sigma_o , \quad (2)$$

где  $\sigma_o$  – остаточная прочность при одноосном сжатии.

Поскольку с увеличением минимального напряжения  $\sigma_3$  остаточная прочность  $\sigma_1^o$  по своему значению приближается к предельному  $\sigma_1^{pp}$ , то коэффициент  $k$  в (2) должен быть больше коэффициента  $c$  в (1).



$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0, \quad (3)$$

имея в виду, что  $\sigma_r = \sigma_3$ , а  $\sigma_\theta = \sigma_1$ , можно получить формулы напряжений в ЗНД:

$$\sigma_r = \frac{[(k-1)p + \sigma_0]r^{k-1} - \sigma_0}{k-1}; \quad \sigma_\theta = \frac{k[(k-1)p + \sigma_0]r^{k-1} - \sigma_0}{k-1}, \quad (4)$$

где  $p$  – сопротивление крепи выработки.

Используя условия на границе между упругой зоной и ЗНД, получим формулу коэффициента  $k$ , являющегося характеристикой состояния массива, а также радиуса  $R_p$  ЗНД:

$$R_p = \left[ \frac{(2q - \sigma_0)(k-1)/(k+1) + \sigma_0}{(k-1)p + \sigma_0} \right]^{1/(k-1)}; \quad k = \frac{2qc + \sigma_{сж} - \sigma_0(c+1)}{2q - \sigma_{сж}}, \quad (5)$$

где  $R_p$  выражается в долях от радиуса  $R$  выработки.

Напряжения на границе двух зон

$$\sigma_r(R_p) = (2q - \sigma_{сж})/(c+1), \quad \sigma_\theta(R_p) = (2cq + \sigma_{сж})/(c+1). \quad (6)$$

Испытания пород в стабиллометрах упомянутыми исследователями, а также результаты наблюдений за состоянием пород за крепью выработки [5, 6] показали, что с переходом в запредельное состояние происходит увеличение объёма пород. При этом относительная объёмная деформация  $\varepsilon_v$  (дилатансия) изменяется по гиперболическому закону в зависимости от минимального напряжения  $\sigma_3$ . На основании этих данных с учетом граничных условий эту деформацию в ЗНД можно принять в виде следующей зависимости:

$$\varepsilon_v = \xi_v^0 \frac{\sigma_r(R_p) - \sigma_r}{\sigma_r(R_p) + \sigma_r}, \quad (7)$$

где  $\xi_v^0$  – объёмная деформация в запредельном состоянии при одноосном сжатии, величина которой может достигать 0,1 и более.

Увеличение объёма пород в ЗНД сопровождается перемещением их в выработку и связано со смещением  $u_\partial$  контура выработки, которое определится интегрированием:

$$u_\partial = \xi_v^0 \int_1^{R_p} \frac{\sigma_r(R_p) - \sigma_r}{\sigma_r(R_p) + \sigma_r} r dr. \quad (8)$$

Перемещение  $u(R_p)$  границы упругой зоны с ЗНД радиусом  $R_p$  вызывает перемещение  $u_y$  точек контура выработки радиусом  $R$ :

$$u_y \cdot R = u(R_p) \cdot R_p \quad (9)$$

Это перемещение определится из решения задачи Лямэ и геометрического уравнения  $\varepsilon_\theta = u/r$ :

$$u_y = \frac{1 + \mu}{E} [2(1 - \mu)q - \sigma_r(R_p)] R_p^2, \quad (10)$$

где  $E$  и  $\mu$  – соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона пород, а перемещение и радиус ЗНД выражаются в долях от радиуса выработки.

Согласно расчетам дилатансионная составляющая смещения (8) на порядок больше упругой, рассчитанной по формуле (10), поэтому в последующем будет определяться только дилатансионная.

**Применение полученного решения.** Расчеты показывают, что эффективность усиления крепи значительна при небольшом её сопротивлении и быстро уменьшается с его ростом. Это согласуется с данными практики, которые свидетельствуют о том, что даже значительное увеличение сопротивления крепи не всегда приводит к желаемому снижению смещений.

Влияние остаточной прочности при одноосном сжатии особенно существенно при значениях  $\sigma_0 < 0,1\sigma_{сж}$ , которые соответствуют реальным свойствам в большинстве случаев. При длительном же сроке службы выработки породы за крепью в приконтурной зоне могут находиться в руинном состоянии, что соответствует  $\sigma_0 = 0$  и значительным смещениям.

Следует отметить особенно сильное влияние роста напряжений в массиве, которое может происходить как с увеличением глубины разработки, так и под влиянием очистных работ. Из расчета следует, что уменьшение отношения  $\sigma_{сж}/q = 1,6$  до значения 1,2, что соответствует увеличению напряжения в окружающем массиве на 33%, приводит к росту смещений контура выработки примерно в 3 – 4 раза. Именно поэтому на практике наблюдается резкий рост смещений в зоне опорного давления очистной выработки, и при расчете смещений необходимо учитывать коэффициент опорного давления.

Полученные формулы позволяют определить смещения в выработке при наличии в ней начального свободного закрепного пространства и проанализировать его влияние. Примем размер закрепного пространства на момент установки крепи равным  $\Delta$  и выраженным в долях от радиуса  $R_n$  выработки в проходке. По мере проведения выработки и последующего развития горных работ давление  $q$  в окрестности выработки возрастает, растут и смещения пород. При этом до появления контакта между крепью и окружающими породами отпора со стороны крепи нет и на этой стадии  $p = 0$ .

Данные натурных наблюдений говорят о том, что в условиях развившихся деформаций породы на контуре выработки находятся в руинном состоянии. В этом случае остаточная прочность  $\sigma_0 = 0$ .

В момент возникновения контакта между крепью и боковыми породами  $u_0 = \Delta$  и это соответствует определенному радиусу  $R_p'$  зоны запредельного состояния.

Принимая для первого этапа развития смещений до ликвидации свободного пространства между крепью и боковыми породами  $p = 0$  и  $\sigma_0 = 0$ , из формулы (8) получим:

$$R_p' / R_n = \sqrt{1 + 2\Delta / R_n \varepsilon_v^0} . \quad (11)$$

При отсутствии отпора со стороны крепи и остаточной прочности  $\sigma_0 = 0$  напряжения  $\sigma_r$  и  $\sigma_\theta$  в зоне запредельного состояния согласно формулам (4) равны нулю, поэтому породы внутри этой зоны до появления контакта с крепью находятся в ненапряженном состоянии. Поскольку при этом предполагается, что остаточная прочность  $\sigma_0 = 0$ , то тогда и коэффициент сцепления здесь  $k_0 = 0$ . Это характерно для сыпучей среды и, рассматривая действие крепи на неё, можно воспользоваться уравнениями статики сыпучей среды, принимая  $\sigma_r$  активной, а  $\sigma_\theta$  пассивной составляющими.

После ликвидации зазора  $\Delta$  в работу вступает крепь и по контуру радиусом  $R$  оказывает давление  $p$ , равное её сопротивлению, на окружающие породы. В результате этого на границе предварительно сформировавшейся запредельной зоны возникает давление  $p'$ , которое при постоянном отпоре  $p$  сохраняется с ростом смещений:  $p' = p/(R_p'/R)^{(c-1)/c}$ .

После перекрытия закрепного пространства деформирующимися породами с дальнейшим ростом давления  $q$  зона запредельного состояния увеличивается и её радиус в зависимости от давления  $p'$  из формулы (5)  $R_p = R_p' [2q/p'(k+1)]^{1/(k-1)}$ .

Перемещение  $u_0'$  границы радиусом  $R_p'$ , возникающее при действии отпора  $p$  со стороны крепи, запишется из формулы (8):

$$u'_\delta = \varepsilon_v^0 R_p' \int_1^{R_p} \frac{(k-1)\sigma_r(R_p) - (k-1)p'r^{k-1}}{(k-1)\sigma_r(R_p) + (k-1)p'r^{k-1}} r dr, \quad (12)$$

где значение интеграла выражаются в долях от  $R_p'$ .

Это приводит к дополнительному перемещению пород внутрь выработки с момента их контакта с крепью, которое равно её смещению:  $u_\delta = u'_\delta R_p'/R$ .

Результаты расчета смещений крепи со свободным закрепным пространством согласуются с практическими данными: оставление свободного закрепного пространства размером 5-10 см приводит к росту деформаций крепи в 2-3 раза, а увеличение пространства до 20-25 см - в 4-5 раз.

Полученные формулы можно применить для расчета смещений в выработке с забученным закрепным пространством, которое при заполнении размельченной породой может рассматриваться как сыпучая среда. Можно также оценить эффективность взрывной забутовки закрепного пространства.

Эффект воздействия забутовки закрепного пространства является существенным: смещения при тщательно выполненном забучивании снижаются более чем в три раза. Качество забутовки значительно влияет на смещения. Обеспечение её плотности на 80% приводит к росту смещений в 1,5-2 раза в сравнении с плотной забутовкой.

Взрывное забучивание закрепного пространства приводит к снижению смещений примерно в 1,4 – 1,5 раза.

Результаты расчета смещений в окрестности выработок с учетом дилатансии пород соответствуют реальным величинам, однако не отражают некоторые особенности проявления горного давления. Так, при одинаковых свойствах окружающих пород смещения кровли, почвы и боков горизонтальной выработки, закрепленной кольцевой крепью без свободного закрепного пространства, по расчетам равны. В действительности смещения кровли превышают смещения боков и почвы. При отсутствии отпора со стороны крепи и остаточной прочности пород, равной нулю, смещения в выработке по расчету стремятся к бесконечности. Однако в реальных условиях смещение незакрепленной почвы, состояние которой может быть близким к руинному, имеет конечную величину. Такое расхождение объясняется тем, что в расчетах не учитывается сила тяжести пород, находящихся в ЗНД.

На элементарный объем вертикальной оси симметрии выработки действуют главные напряжения  $\sigma_r$  и  $\sigma_\theta$  и объемный вес  $\gamma$ . Принимая во внимание для кровли уравнение равновесия с учетом этих составляющих, аналогично (4) и (5) получим :

$$\sigma_r = -\sigma_\theta/(k-1) + [\sigma_\theta/(k-1) + p]r^{(k-1)} + \gamma R[r - r^{(k-1)}]/(k-2);$$

$$R_\delta^{k-1} [\sigma_\theta/(k-1) + p - \gamma R/(k-2)] + R_p \gamma R/(k-2) - [2q(k-1) + 2\sigma_\theta]/(k^2 - 1) = 0. \quad (11)$$

Формулы для почвы будут иметь противоположный знак перед  $\gamma$ .

В качестве примера были произведены расчеты для следующих условий.

Выработка пройдена на глубине  $H = 1000$  м сечением в проходке  $S = 13,85$  м<sup>2</sup>, закреплена замкнутой крепью с сопротивлением  $p = 0,05$  МПа. Характеристики пород:  $\sigma_{сж} = 30$  МПа;  $\rho = 30^\circ$ ;  $\sigma_\theta = 0$ ;  $\varepsilon_v^0 = 0,1$ ;  $\gamma = 25$  кН/м<sup>3</sup>.

Давление пород в нетронутым массиве на глубине расположения выработки:  $q = \gamma H = 25$  МПа. Радиус равновеликой выработки кругового очертания:  $R = \sqrt{S/\pi} = 2,1$  м. Тогда  $\gamma R = 0,0525$  МПа. Параметры, имеющие размерность давления, в долях от составляющей  $q$ :  $p = 0,002$ ;  $\sigma_{сж} = 1,2$ ;  $\gamma R = 0,0021$ . Характеристики состояния массива:  $k = 9$ ;  $\sigma_r(R_p) = 0,2$ .

Согласно расчетам смещения контура выработки составляют: в кровле - 0,147 м, в почве - 0,132 м, в боку - 0,139 м. Сближение кровли и почвы равно 0,279 м, а боков - 0,278 м.

Таким образом, смещения кровли, почвы и боков выработки, закрепленной замкнутой крепью, установленной вплотную к окружающим породам, различаются незначительно.

Аналогичные расчеты были произведены для тех же условий при наличии свободного закрепленного пространства  $\Delta = 10$  см, которые показали, что в этом случае смещение кровли увеличивается до 0,61 м, т.е. более чем в 4 раза, а боков – до 0,342 м, т.е. почти в 2,5 раза, и если в случае крепления вплотную разница в смещениях кровли и боков незначительна, то при свободном пространстве 10 см смещение кровли почти в два раза превышает смещение боков.

Введение силы тяжести в уравнение статики позволяет рассчитать смещение незакрепленной почвы. При этом смещение имеет конечную величину и в том случае, когда остаточная прочность пород при одноосном сжатии равна нулю.

Из характеристик прочности наиболее заметное влияние на подъем почвы в выработке оказывает угол внутреннего трения. Уменьшение его от  $30^\circ$  до  $20^\circ$  сопряжено с увеличением смещения почвы более чем в два раза.

«Пучащие» породы, для которых характерно низкое значение угла внутреннего трения, зачастую требуют дополнительных мероприятий по уменьшению смещений почвы.

Определим смещение почвы на конкретном примере при следующих исходных данных:  $R = 2,1$  м,  $q = 25$  МПа,  $\sigma_{сж} = 30$  МПа,  $\rho = 19^\circ 30'$ ,  $\varepsilon_v^\circ = 0,12$ ,  $p = 0$ ,  $\gamma = 25$  кН/м<sup>3</sup>.

При решении уравнения (11) для  $R_p$  необходимо принять  $\gamma$  с отрицательным знаком, так же, как в формуле для  $\sigma_r$ , которое определяется для расчета смещения  $u_\delta$  через интеграл (8).

Для заданных условий в долях от  $R$  находим  $R_p = 3,18$ ,  $u_\delta = 0,336$ , или  $R_p = 6,68$  м,  $u_\delta = 0,706$  м.

Если найденное смещение почвы является недопустимым, то тогда необходимы мероприятия по её укреплению или упрочнению. Один из возможных вариантов может заключаться в применении анкерной крепи. В этом случае необходимо, чтобы концы анкеров располагались за крайней точкой ЗНД, т.е. закреплялись в упругой зоне окрестности выработки, поэтому длина анкера должна превышать размер ЗНД.

Примем длину анкера  $l = 1,8$  м. В этом случае размер ЗНД можно допустить равным 1,7 м и менее. В соответствии с этим примем  $R_p = 1,8R$ .

Тогда размер ЗНД  $l_p = R_p - R$  составит 1,68 м, а отношение  $l_p/R = 0,8$ . Согласно уравнению (11) значению  $R_p = 1,8$  соответствует определенное давление  $p$  на почву со стороны крепи. Из этого уравнения получим  $p = 0,0106$  в долях от составляющей массива  $q$  или  $p = 0,0106 \cdot 25 = 0,264$  МПа. Для анкеров с сопротивлением 150 кН плотность их установки составит  $0,264 \cdot 10^3 / 150 = 1,76$  анк/м<sup>2</sup>. Для  $p = 0,0106$  получим  $u_\delta = 0,138$  м.

Таким образом, смещение почвы при креплении анкерами длиной 1,8 м уменьшается более чем в 5 раз.

В случае, если анкер фиксируется до начала смещений, их податливость должна быть не менее 10%. При меньшей податливости их необходимо фиксировать после некоторого смещения почвы. Последующий за этим подъем почвы до максимальной величины будет сопровождаться ростом нагрузки на анкер до 150 кН.

При длине анкеров 2,2 м для тех же условий сопротивление крепи составит 0,136 МПа, плотность установки - 0,91 анк/м<sup>2</sup>, а смещение почвы - 0,204 м.

Использование приведенных формул позволяет также рассчитать податливость крепи в зависимости от её сопротивления [7].

**Выводы.** Предложенная в работе линейная связь между главными напряжениями в зоне неупругих деформаций вокруг выработки приводит к решению, которое позволяет учесть состояние закрепленного пространства при расчете смещений, вызванных дилатансией. Полученные результаты могут быть использованы для ориентировочных расчетов крепи подготовительных выработок.

#### Список литературы

1. Прочность и деформируемость горных пород / Ю.М. Карташов, Б.В. Матвеев, Г.В. Михеев, А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1979. – 269 с.
2. Ставрогин А.Н. Механика деформирования и разрушения горных пород / А.Н. Ставрогин, А.Г. Протосеня – М.: Недра, 1992. – 223 с.

3. Ставрогин А.Н. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах / А.Н. Ставрогин, А.Г. Протосеня – М.: Недра, 1985. – 271 с.
4. Петухов И.М. Механика горных ударов и выбросов / И.М. Петухов, А.М. Линьков – М.: Недра, 1983, - 280 с.
5. Заславский Ю.З. Новые виды крепи горных выработок / Ю.З. Заславский, Е.Б. Дружко – М.: Недра, 1989, - 255 с.
6. Шашенко А.Н. Особенности управления геомеханическими процессами вокруг протяженной выработки / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин // Проблемы гирського тиску. – 2008. – Вип 16. – С. 26-51.
7. Клыков А.Е. Сопротивление и податливость крепи выработок при дилатансии горных пород / А.Е. Клыков // Известия вузов. Горный журнал. – 2003. - № 6. С. 87 – 91.

## **ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЇ МІСТА ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ВІД ЗСУВІВ, ОБВАЛІВ ТА ПІДТОПЛЕННЯ**

*Е.О. Максимова, ДВНЗ “Національний гірничий університет”, Україна*

Обґрунтовано основні прояви негативних інженерно-геологічних процесів на території міста Дніпропетровська. Деталізовані основні інженерно-геологічні процеси та наданий прогноз можливих наслідків їх прояву. Запропоновано напрямки інженерного захисту земельного фонду схилів та прилеглих територій основних балок міста.

Геоморфологічні особливості рельєфу правобережної частини Дніпропетровська, в межах якої існує більше десятка балок, та геологічна будова території, яка в більшості своїй представлена лесовими просадковими ґрунтами, призвели до широкого розвитку негативних інженерно-геологічних процесів. Найнебезпечніші з них, від яких особливо страждає місто сьогодні, є зсуви та підтоплення. Найбільш характерними за кількістю активізації зсувних процесів є Червоноповстанська, Тунельна, Зустрічна, Рибальська, Євпаторійська, Аптекарьська та Діївська балки. З кожним роком перелік зсувонебезпечних ділянок міста зростає. Якщо в кінці 80-х років минулого сторіччя в місті нараховувалося лише 17 зсувонебезпечних ділянок, то на теперішній час – більше сотні. Близько двох десятків з них потребують прийняття термінових невідкладних заходів. Відбувається постійний підйом рівня підземних вод, що призводить до активізації обвальних-зсувних процесів та розвитку підтоплення міста. На території м. Дніпропетровська ураженість території підтопленням, що відноситься до І групи ризику складає 63 км<sup>2</sup>. В зоні підтоплення знаходяться 62 промпідприємства та 7510 житлових будинків.

**Метою досліджень** є розробка системного підходу до організації захисту території від зсувів, обвалів та підтоплення. Оскільки Дніпропетровськ розташований на просадкових ґрунтах, забудова – на схилах зсувонебезпечних балок, необхідно не допускати намокання схилів: чітко та своєчасно будувати дренажні або зливові системи, не допускати їх засмічення та закупорку природних джерел у тальвегах побутовим сміттям. Місту необхідна не постійна ліквідація наслідків аварій та руйнування систем тепловодопостачання та побутової чи зливової каналізації, а комплексна, струнка та відповідальна система заходів по недопущенню надзвичайних ситуацій на житлових масивах нашого міста.

Наприклад, не має рації будувати споруди інженерного захисту для однієї, окремо взятої забудови. Характерною особливістю зсуву є те, що, якщо він сформувався, то він руйнує все, що буде у нього на шляху, разом із захисною спорудою. Ще приклад - оскільки природні явища носять глобальний характер, то підхід до недопущення підтоплення повинен носити