

УДК 622.837:622.838

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА ПОСЛЕ ЕГО МНОГОКРАТНОЙ ПОДРАБОТКИ

Иванова Л. А., Сушко Е. Т., Стельмах С. С.  
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

*На прикладі типового шахтарського міста Донбасу показана необхідність розробки проекту захисту підірваної міської території з оцінкою наслідків багаторазової підробки його забудови та розробки заходів для забезпечення життєдіяльності міста та подальшої безпечної експлуатації будівель та споруд.*

*A case study of typical miner's town in Donbass is given. It shows the need to work out a project for protection of undermined territory. The consequences of repeated undermining for the built-up area shall be evaluated. The project will also include measures for ensuring town's activity and further safe use of buildings and structures.*

Требования Кодекса Украины о недрах [1] и отраслевого стандарта [2] по рациональной выемке угля под эксплуатируемыми зданиями и сооружениями, расположенными на подрабатываемых территориях, регламентируют максимально возможную выемку угля и должны обеспечивать безопасность эксплуатации подрабатываемых зданий и сооружений.

Большинство объектов застройки городов и населенных пунктов Донбасса в процессе их эксплуатации были подработаны многократно. Обобщение имеющегося опыта многократной подработки зданий и сооружений города, расположенного на подрабатываемой территории, представляет интерес, а актуальность работы заключается в необходимости разработки мероприятий для обеспечения жизнедеятельности города и дальнейшей безопасной эксплуатации зданий и сооружений после их многократной подработки.

На примере города Белозерское, который является типичным шахтерским городом Донбасса и испытал опасное влияние горных работ ОДО «Шахта «Белозерская» и закрытой шахты «Красноармейская» ГП «Добропольеуголь», рассмотрим необходимость разработки мероприятий, обеспечивающих улучшение жизнедеятельности города.

Для научной оценки последствий многократной подработки объектов застройки города Белозерское выполнен:

- расчет деформаций земной поверхности от всех влияющих выработок;
- анализ и обобщение результатов многократной подработки зданий и сооружений;
- технический осмотр зданий и сооружений и анализ условий их эксплуатации;
- анализ технического состояния зданий и сооружений и выбор объектов, требующих применения мер защиты.

На основании проведенных исследований разработаны мероприятия для обеспечения жизнедеятельности города Белозерское и дальнейшей безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

Город Белозерское расположен в Добропольском районе Донецкой области, в Красноармейском геолого-промышленном районе Донбасса на горных отводах ОДО «Шахта «Белозерская» и закрытой шахты «Красноармейская» ГП «Добропольеуголь».

Горные отводы расположены в северо-западной части Красноармейского угленосного района Донбасса и сложены комплексом осадочных пород среднего и частью верхнего карбона. Каменноугольные отложения представлены переслаивающимися различными по составу и мощности слоями песчаника, аргиллитов и алевролитов с подчиненными им маломощными слоями известняков и углей. На размытой поверхности отложений карбона повсеместно залегают отложения палеогенового и четвертичного возрастов. Мощность четвертичных отложений составляет около 60 м.

Поле ОДО «Шахта «Белозерская» расположено в тектоническом блоке между Добропольским и Красноармейским надвигами, в висячем крыле последнего. Простираение пород северо-

западное, падение северо-восточное под углом 10-13 °, причем в северо-западной части площади залегание несколько круче. Заметных пликативных дислокаций в пределах шахтного поля не наблюдается.

Рельеф земной поверхности - равнинный, слабовыраженный, водораздел проходит в направлении восток-запад через центральную часть города. Зеркало грунтового потока в целом повторяет рельеф, разгрузка потока расположена за пределами города, в балках. Подобные условия при сложившемся порядке отработки под городом угольных пластов способствуют развитию подтопления застроенных территорий.

Промышленная угленосность поля ОДО «Шахта «Белозерская» приурочена к отложениям свит  $C_2^5$ ,  $C_2^6$ ,  $C_2^7$ .

Под многоэтажной частью города Белозерское отрабатывались угольные пласты  $m_4^2$  и  $l_3$  и частично  $m_4^0$ ; под одноэтажной частью города – пласты  $m_5^1$ ,  $m_4^2$ ,  $m_4^0$ ,  $l_3$  и  $l_8$ . По состоянию на 2011 г. под застроенной территорией города отработано 63 влияющие лавы пяти пластов ( $m_5^1$ ,  $m_4^2$ ,  $m_4^0$ ,  $l_3$ ,  $l_8$ ).

Максимальные деформации земной поверхности от всех влияющих лав для многоэтажной части города составили: оседание – 2,4 м, горизонтальные деформации растяжения –  $5,3 \times 10^{-3}$ , сжатия –  $7,2 \times 10^{-3}$ ; для одноэтажной части города: оседание – 4,6 м, горизонтальные деформации растяжения –  $11,7 \times 10^{-3}$ , сжатия –  $10,2 \times 10^{-3}$ .

Город Белозерское образовался на базе шахтного поселка, застройка которого началась в 1950-1953 гг. Население города составляет 17,2 тыс. жителей. До 1960 г. город застраивался, в основном, одно и двухэтажными жилыми домами и общественными зданиями, не имеющими конструктивных мер защиты от влияния горных выработок. После 1960 г. началось строительство двух-, трех- и четырехэтажных зданий с конструктивными мерами защиты рассчитанными, в основном, для III группы подрабатываемых территорий (относительные горизонтальные деформации  $\epsilon \leq 5 \times 10^{-3}$ , радиус кривизны  $R \geq 7$  км) [3, 4]. Начиная с 1967 г. строились пятиэтажные жилые дома с конструктивными мерами защиты, рассчитанными для II группы подрабатываемых территорий ( $\epsilon \leq 8 \times 10^{-3}$ ,  $R \geq 3$  км) [4, 5].

Одноэтажная застройка города, подработана в 1970-1972 гг. 2-й южной и 3-й северной лавами пласта  $m_4^2$ .

Одноэтажная и многоэтажная застройка города подработана в 1976-1982 гг. 3-й, 4-й, 5-й, 6-й и 7-й южными лавами пласта  $m_4^2$ , в 1981-1982 гг. 3-й южной лавой пласта  $m_4^0$  и в 1983-1994 гг. 2-й, 3-й, 4-й, 5-й, 6-й и 7-й южными лавами пласта  $l_3$ .

При отработке пласта  $m_4^2$  в основании зданий от одной влияющей лавы зафиксированы максимальные горизонтальные деформации растяжения  $\varepsilon = 3,3 \times 10^{-3}$  и сжатия  $\varepsilon = -3,8 \times 10^{-3}$ . При этом максимальное раскрытие трещин в стенах зданий составило 20-30 мм.

При отработке пласта  $l_3$  в основании зданий от одной влияющей лавы зафиксированы максимальные деформации растяжения  $\varepsilon = 3,9 \times 10^{-3}$  и сжатия  $\varepsilon = -4,8 \times 10^{-3}$ . При этом максимальное раскрытие трещин в стенах зданий составило 25-35 мм.

При отработке пласта  $m_4^2$  каждое здание города испытало влияние трех – четырех подработок. После отработки каждой лавы выполнялись послеосадочные ремонты зданий с заделкой трещин раствором, однако при последующей подработке заделанные трещины раскрывались и образовывались новые.

В 1983 г. под застроенной территорией города началась отработка пласта  $l_3$ . В связи со значительными повреждениями конструкций зданий в городе было создано ремонтно-строительное управление, которое производило усиление конструкций и ремонты зданий с выполнением частичной перекладки стен.

При отработке угольных пластов происходило относительное поднятие уровня грунтовых вод, которое при высоком природном его уровне и утечках из коммуникаций, вызванных их многочисленными порывами, привело к подтоплению большей части территории города. За период с 1966 г. по 1985 г. уровень грунтовых вод повысился на 1,5-3,0 м.

Наибольший подъем уровня грунтовых вод отмечался в 1982 г., когда практически вся территория города была в зоне подтопления с уровнем воды от поверхности 1,0-2,0 м.

Поднятие уровня грунтовых вод вызвало подтопление подвалов и технических подполий многоэтажных зданий и погребов в индивидуальной застройке города.

Из-за длительного подтопления произошли повреждения стен и перекрытий подвалов и технических подполий зданий, а также, коррозия и физический износ внутридомовых трубопроводных коммуникаций (водопровода, канализации, отопления).

Трубопроводные коммуникации города представлены водопроводными, канализационными и тепловыми сетями. Прокладка трубопроводных сетей производилась одновременно со строительством зданий.

Магистральные и городские водопроводные сети выполнены из стальных и чугунных труб диаметром 100 – 500 мм, уложены в грунт на глубину до 2-х метров и не имеют конструктивных мер защиты от влияния горных выработок.

Водопроводная система при подработке весьма чувствительна к деформациям земной поверхности особенно трубопроводы, выполненные из чугунных труб с раструбными соединениями. Срок службы большинства трубопроводов составляет 50 лет и более.

При отработке лав зафиксировано большое количество аварий: в 1980 г. – 167, с марта 1982 г. по апрель 1983 г. – 236, в дальнейшем в течение 1983 г. – более 400.

Анализ аварий на водоводах показал, что аварии происходили при горизонтальных деформациях земной поверхности, превышающих допустимые значения деформаций. Причинами большого количества аварий явились также физический износ труб и выход из строя задвижек.

Тепловые сети города выполнены из стальных труб диаметром 50 – 200 мм с толщиной стенки от 4 до 7 мм, соединение труб – сварное. Трубы уложены в две нитки на глубине 1,0 – 1,5 м в кирпичные каналы на опоры из швеллеров и покрыты утеплителем. Прокладка сетей производилась с 1970 года.

Анализ аварий теплосетей показал, что большинство из них произошли в осенне-зимний период при низких температурах. На состояние трубопроводов оказали влияние накапливающиеся по мере подработки суммарные деформации земной поверхности от влияния отдельных лав, а также значительная изношенность труб. В связи с длительным затоплением подвалов подработан-

ных зданий в 1989 году в городе была начата массовая замена подземных теплопроводов на надземные теплопроводы.

Канализационные сети представлены, в основном, самотечными уличными и внутриквартальными коллекторами, выполненными из асбоцементных, железобетонных и чугунных труб диаметром от 100 мм до 500 мм со сроком эксплуатации более 50 лет. В процессе подработки уменьшились уклоны самотечных коллекторов возле границы остановки лав у предохранительных целиков под уклоны, разделяющие шахтное поле на южное и северное крыло. На этих участках коллекторов происходило суммирование наклонов земной поверхности, направленных в сторону противоположную движению стоков, что привело образованию контруклонов. Суммирование горизонтальных деформаций растяжения от влияния отдельных выработок явилось причиной большого количества аварий в трубопроводах.

Дренажная система города представлена квартальным дренажем на застроенной территории города и выполнена в 80-е годы в период строительства пятиэтажных жилых домов. Дренаж представляет собой кольцевые дренажи, расположенные вокруг пятиэтажных жилых домов, состоящие из дренажных колодцев и самотечных коллекторов, отводящих воду от домов к дренажным колодцам и коллекторами, проложенным вдоль улицы 50-лет Октября с отводом воды в пруд.

В процессе подработки застроенной территории города периодически проводилась расчистка дренажных колодцев и дренажная система функционировала, однако в дальнейшем дренажная система находилась в нерабочем состоянии.

Технический осмотр зданий многоэтажной части города проведен в 2011 году. После последней подработки прошло до 20 лет. При проведении осмотра зафиксировано следующее:

– в наружных стенах одноэтажных жилых домов имеются трещины с раскрытием до 12 мм, отклонение стен от вертикали до 150 мм, сырость и повреждение штукатурки стен, цоколя, разрушение отмостки;

– в наружных стенах двухэтажных и трехэтажных жилых домов имеются трещины с раскрытием до 18 мм, нарушение кладки на участках стен; отклонение стен от вертикали до

180 мм; повреждение несущих конструкций подвальных помещений, деформирование несущих элементов и покрытий крыш, разрушение балконных плит, ограждений, козырьков над входами в подъезды, штукатурного слоя цоколя и отмостки, износ трубопроводных коммуникаций в подвальных помещениях и в технических подпольях, повреждение ограждающих элементов деформационных швов;

– в четырех и пятиэтажных крупнопанельных домах имеются трещины в стеновых панелях и в швах между панелями, разрушение заделки швов между панелями, защитного слоя бетона стеновых панелей с коррозией арматуры, штукатурного слоя цоколя и отмостки, повреждение балконных плит, козырьков, крылец, приямков. В домах с плоскими крышами – разрушение рулонного покрытия крыш и замачивание помещений верхних этажей. Подтопление отдельных подвалов, коррозия и физический износ внутридомовых трубопроводных коммуникаций. Повреждение заделки и ограждающих элементов деформационных швов;

– в наружных стенах общественных зданий имеются трещины с максимальным раскрытием до 20 мм, разрушение участков кладки стен, прогиб оконных перемычек, разрушение штукатурного слоя цоколя, отмостки.

Анализ технического состояния зданий и сооружений а также условий их эксплуатации показал что:

– для большинства **одноэтажных** зданий в многоэтажной части города деформации в их основании от влияния подработки превышали допустимые. Многие одноэтажные здания при подработке получили значительные повреждения, часть зданий была разобрана, часть зданий была усилена (металлическими тяжами и стойками). Однако, так как, периодически владельцами домов проводились ремонты с перекладкой участков стен и усилением конструктивных элементов зданий, последствия подработок менее ощутимы. У большинства домов трещины в стенах имеют раскрытие до 3 мм, и отклонение стен от вертикали до 50 мм, трещины в стенах до 8 мм и отклонение стен от вертикали до 150 мм имеют 14 домов.

В большинстве домостроений еще при подработке из-за высокого уровня грунтовых вод были засыпаны подвалы и погреба. После 2000 года в результате подработки шахтой «Белозерская» склона Гнилушинской балки произошла частичная разгрузка грунтовых вод в балку, что привело к понижению уровня грунтовых вод на всей территории города. В 2011 г., на момент обследования, уровень грунтовых вод составлял 2,0-4,0 м от земной поверхности;

– для **двухэтажных** жилых домов, не имеющих конструктивных мер защиты от влияния горных выработок, допустимые показатели деформаций с учетом коэффициентов остаточного деформационного ресурса составляли  $[\Delta l] \leq 60$  мм, в то время как расчетные показатели деформаций  $\Delta l \geq 130$  мм превышали допустимые в несколько раз.

Расчетные деформации земной поверхности в основании двух и трехэтажных жилых домов, построенных с мерами защиты от влияния подработки, превышают деформации, принятые при проектировании мер их защиты.

В процессе эксплуатации для большинства **двух и трехэтажных** жилых домов были проведены ремонты с частичной перекладкой наружной части стен зданий, выполнено усиление фундаментов отдельных зданий железобетонными обоймами и усиление отдельных конструктивных элементов. Последние 20 лет ремонтные работы в жилых домах практически не проводились. У большинства жилых домов трещины в стенах имеют раскрытие до 3 мм, трещины в стенах от 5мм до 18мм имеют 46 домов, отклонение стен от вертикали от 100мм до 150мм имеют пять домов.

Длительное подтопление подвалов большинства жилых домов вызвало повреждения конструкций подвальной части 27 двухэтажных и девяти трехэтажных домов.

Так как деформационные и осадочные швы в зданиях были неправильно оформлены (перекрыты в уровне карниза и не оформлены в уровне покрытия) при подработке зафиксировано повреждение несущих элементов крыш 20 домов, кроме того, повреждены кровли 87 домов.

Имеющиеся повреждения обусловлены как влиянием подработки, так и нарушением норм строительства и эксплуатации зданий;

– при подработке **четырёх** и **пятиэтажных** зданий значительные деформации и повреждения основных конструктивных элементов не зафиксированы, имели место повреждения в отдельных зданиях в районе деформационных швов, вызванные неправильным их устройством или оформлением.

От влияния подработки были подтоплены подвалы домов, что вызвало физический износ внутридомовых коммуникаций, расположенных в подвалах. Были нарушены условия эксплуатации зданий – не проводились текущие и капитальные ремонты, что вызвало повреждение заделки швов между стеновыми панелями, повреждение рулонного покрытия крыш 15 домов и как следствие – сырость стен и замачивание помещений верхних этажей восьми зданий.

В части **пятиэтажных** зданий была произведена замена плоских крыш на скатные, однако свесы крыш выполнены небольшие, также отсутствует наружное водоотведение (настенные жалоба и водосточные трубы), что вызывает замачивание стен зданий и балконов верхних этажей. Поэтому, имеющиеся повреждения обусловлены в большей части нарушением норм строительства и эксплуатации зданий;

– в неудовлетворительном техническом состоянии находятся 80 % уличных и 92 % внутриквартальных водопроводных сетей и 37 % уличных и 55 % внутриквартальных канализационных коллектора, что обусловлено, как влиянием многократной подработки, так и нарушением норм эксплуатации трубопроводов, срок эксплуатации которых в большинстве превышает 50 лет;

– в удовлетворительном техническом состоянии находится большинство тепловых сетей, так как была проведена замена подземных теплопроводов на надземные теплопроводы;

– в неудовлетворительном техническом состоянии находится дренажная система города, большинство дренажных колодцев засыпаны мусором.

На основании оценки последствий многократной подработки объектов застройки города Белозерское и анализа техническо-

го состояния подработанных зданий и сооружений разработаны мероприятия для обеспечения жизнедеятельности города и дальнейшей безопасной эксплуатации зданий и сооружений включающие:

Выполнение ремонтных работ и мер по усилению конструкций жилых домов и общественных зданий с поэтапным их применением.

На первом этапе выполняется:

- усиление несущих конструкций подвальных помещений в 27 двухэтажных и в девяти трехэтажных жилых домах;
- замену поврежденных трубопроводных коммуникаций, расположенных в подвалах жилых домов;
- ремонт скатных крыш 20 двух и трехэтажных жилых домов, замену плоских крыш с рулонной кровлей на скатные крыши и шиферную кровлю восьми пятиэтажных жилых домов;
- ремонт заделки и ограждающих элементов деформационных швов жилых домов;
- усиление конструкций и ремонт четырех школ и главного корпуса городской больницы.

На втором и последующих этапах выполняется усиление мерами защиты и ремонт зданий, имеющих повреждения конструкций.

2. Выполнение реконструкции водопроводных сетей с поэтапной заменой поврежденных водоводов и кольцеванием водопроводных сетей для оперативного проведения ремонтных работ и исключения утечек воды;

- на первом этапе проводится замена наиболее поврежденных уличных водоводов в одноэтажной части города;
- на втором этапе проводится замена поврежденных участков уличных и внутриквартальных водоводов в многоэтажной части города.

3. Выполнение реконструкции канализационных сетей с установлением фактических уклонов самотечных коллекторов и обеспечением безнапорного режима их эксплуатации:

- на первом этапе выполняется замена пяти уличных и внутриквартальных коллекторов в одно и двухэтажной части города;

– на втором этапе выполняется замена участков уличных и внутриквартальных коллекторов, расположенных в многоэтажной части города.

4. Выполнение расчистки и восстановления существующей дренажной системы с устройством дополнительных линейных дренажей в наиболее подтопленных участках многоэтажной части города. Необходимо рассмотреть вопрос по устройству дренажа в одноэтажной части города.

### **Выводы**

1. Большинство застроенных территорий городов и населенных пунктов Донбасса, расположенных на подрабатываемых территориях, испытали многократное влияние подработки. На техническое состояние подработанных зданий и сооружений, как правило, также оказали влияние другие факторы – нарушение норм их строительства и эксплуатации, и во многих случаях – подтопление застроенной территории.

2. Для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации зданий и сооружений города после его многократной подработке необходима разработка проекта защиты подработанной территории с оценкой последствий подработки и других факторов и разработкой поэтапного применения мер защиты.

3. При перспективном планировании (разработка генеральных планов [6]), необходимо учитывать мероприятия, разработанные в проектах защиты подработанных территорий.

### **СПИСОК ССЫЛОК**

1. Кодекс Украины о недрах. Кодекс о недрах от 27.07.1994 № 132/94-ВР. – 24 с.
2. ГСТУ 101.00159226.001 – 2003. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом – К., 2004. – 128 с.
3. ВТУ-01-58. Временные технические условия проектирования и строительства зданий и сооружений на угленосных площадях Донецкого угольного бассейна – К., 1958. – 68 с.
4. СН 289-64. Указания по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях – М., 1965. – 83 с.

5. СНиП II-A. 14-71. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях – М., 1972. – 14 с.
6. ДБН Б.1.1-15:2012. Состав и содержание генерального плана населенного пункта – К., 2012. – 21 с.