

УДК 622.834:622.272

Зуев Павел Игоревич

научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: zuev@igduran.ru.

Усанов Сергей Валерьевич

кандидат технических наук,
заведующий лабораторией
сдвижения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: usv@igduran.ru.

МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ В ЗОНЕ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ*

Аннотация:

Перед разработкой меднорудного месторождения подземным способом под жилым кварталом обследованы здания и сооружения в границах влияния подземных выработок. Согласно РД 07-113-96 «Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий и сооружений и природных объектов от вредного влияния горных выработок» проведено комиссионное обследование исходного состояния жилых зданий и строений в границах влияния подземных выработок при отработке месторождения разрабатываемого подземным способом.

В ходе комиссионного обследования было зафиксировано исходное состояние 606 жилых домов, так же дворовых капитальных построек, административных зданий городского образования и объектов, расположенных непосредственно на промышленной площадке месторождения. На основании данных об исходном состоянии обследованных объектов и совершённых действий для получения этих данных – была разработана и опробована методика обследования зданий в зоне вредного влияния подземных горных работ. Для того, чтобы ускорить работу по обследованию, удобства собственников зданий, внесения жалоб и исключения несогласованных с собственником записей, разработана специальная диагностическая карта, которая заполнялась прямо на объекте. Далее сведения отражались акте обследования, неотъемлемой частью которого была диагностическая карта.

Разработка и применение данной методики является актуальной и необходимой мерой, ввиду того что, объекты недропользования с начала своей деятельности оказывают влияние на жилой, административный и производственный фонды города. Это происходит в результате перераспределения напряжений и образования вторичных структур в горном массиве, что в дальнейшем может привести к оседанию земной поверхности.

Ключевые слова: методика, акт, сооружение, обследование, участок, карта, подработка, зона, трещина

DOI: 10.25635/2313-1586.2021.02.078

Zuev Pavel I.

Researcher,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075 Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: zuev@igduran.ru.

Usanov Sergey V.

Candidate of Technical Sciences,
Head of the Laboratory of rock movement,
Institute of Mining, Ural branch of RAS
e-mail: usv@igduran.ru.

METHODS OF INSPECTION OF BUILDINGS IN THE ZONE OF HARMFUL INFLUENCE OF UNDERGROUND MINING

Abstract:

Before the development of a copper ore deposit by the underground method under the residential area, buildings and structures within the boundaries of the influence of underground workings were examined. According to the regulation RD 07-113-96 "Instruction on the procedure for the approval of measures for the protection of buildings and structures and natural objects from harmful influence of mining", a commission survey of the initial state of residential buildings and structures was carried out within the boundaries of the influence of underground workings when mining a deposit developed by an underground method.

During the commission survey, the initial state of 606 residential buildings was placed on record, as well as of yard capital buildings, administrative buildings and objects located directly on the industrial site of the field. Based on the data on the initial state of the surveyed objects and the actions taken to obtain these data, a methodology for examining buildings in the zone of harmful influence of underground mining was developed and tested. In order to speed up the work on the survey, the convenience of building owners, the filing of complaints and the elimination of records not agreed with the owner, a special diagnostic card was developed, which was filled out directly at the facility. Further, the information was reflected in the examination report, an integral part of which was a diagnostic card.

The development and application of this methodology is an urgent and necessary measure, in view of the fact that subsoil use objects from the beginning of their activity have an impact on the residential, administrative and industrial assets of the city. This occurs because of the redistribution of stresses and the formation of secondary structures in the rock mass, which in the future can lead to subsidence of the earth's surface.

Key words: methodology, act, construction, survey, site, map, undermining, zone, crack.

* Исследования выполнены в рамках Госзадания № 007-00293-18-00, тема № 0405 – 2019 – 0007.

Введение

Выемку полезных ископаемых под зданиями и сооружениями разрешается производить, как правило, только ниже горизонта безопасной глубины разработок [1]. Под последней понимают такую удаленность от поверхности, при которой и ниже которой горные разработки не могут вызвать в обследуемых объектах опасных деформаций, влекущих за собой прекращение эксплуатации, опасность для жизни работающих и живущих в охраняемых зданиях и сооружениях, то есть не проявляется эффект подработки.

Подземные горные работы на месторождении, где выполнены исследования, находятся на начальной стадии, и натурных исследований по изучению фактических параметров сдвига не проводилось. Поэтому определение параметров процесса сдвига выполняется в соответствии с требованиями «Временных правил...» [2] и «Правил охраны...» [3].

Рудные тела месторождения залегают под обследуемым участком городского поселения на глубине 625 – 1200 м от поверхности. Глубина горных работ в четыре раза превышает безопасное расстояние от места взрыва, поэтому технологические взрывы не должны оказывать влияние на жилые объекты [4]. Кроме того, горные работы выполняются с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, что полностью исключает опасные деформации [5].

При производстве взрывов на месторождении ведется мониторинг сейсмического воздействия на промышленные и гражданские объекты. По результатам измерения скоростей смещения сейсмических колебаний установлено, что фактические измеренные значения составляют от 5 до 20 % от рассчитанных допустимых значений согласно [6].

Согласно [7] проведено комиссионное обследование исходного состояния жилых зданий и строений города в границах влияния подземных выработок.

Методика обследования

Первым этапом обследования зданий и сооружений является издание приказа на предприятии об организации обследований. Приказом назначается комиссия из руководителей, специалистов предприятия и специалистов, непосредственно производящих обследование [7]. Комиссии поручается предварительный сбор материалов для обследования, оповещение собственников обследуемых объектов. Оповещение производится в СМИ, посредством почтовой рассылки, расклейки наружных объявлений в разрешенных для этого местах и поадресного разноса бумажных объявлений.

На втором этапе создается первый из документов, задействованных в обследовании. Формируется диагностическая карта – документ, отражающий техническое состояние жилых зданий и строений [8]. Их типы определяются при предварительном осмотре. Также для выявления основных типов строений используются сервисы спутниковых изображений. Помимо технического состояния зданий и сооружений отмечается фактор изменения гидрологических условий – осушение скважины, колодца и, наоборот, – повышенная обводненность участка и прочее [9].

Третий этап — техническое обследование объекта, попадающего в зону влияния подземных работ [10]. При обследовании непосредственно присутствуют представители предприятия и администрации города. Диагностическая карта заполняется подробными данными о техническом состоянии жилых и нежилых объектов в двух экземплярах, одна копия остается у собственника объекта, вторая – на предприятии – инициаторе обследования. Объекты фотографируются, привязываются к карте местности посредством навигационных приборов для дальнейшей обработки информации.

На четвертом этапе создается второй документ – акт комиссионного обследования объекта, попадающего в ожидаемые границы мульды сдвига земной поверхности. В него заносится первичная информация, предоставленная БТИ, городской адми-

нистрацией, информация, полученная опытным путем из диагностической карты, фотографии и примечания.

Содержание акта:

1) лист 1 – название акта, дата составления, место, состав комиссии – Ф.И.О., должности;

2) лист 2 – информация первичная и полученная опытным путем, фотография общего вида здания, вносятся подписи комиссии, если для них остается место;

3) лист 3 и последующие формируются, если не вошли подписи комиссии и если есть целесообразность разметить другие фото объекта, с повреждениями или без и так далее.

Акт рассматривается утвержденной приказом комиссией, информация анализируется, выносится решение о принятии мер по охране объектов от влияния подземной разработки. В частности, определяются эксплуатационные характеристики конструкций, целесообразность проведения реконструкции или ремонта, выявление причин аварий и прогнозирование состояния объекта. Глобальная цель рассмотрения актов – определить, нуждается ли объект в технической экспертизе.

Пятый этап предполагает при обнаружении дефектов и повреждений [11], которые могут ухудшить состояние объекта в целом, назначение экспертизы [11], включающей в себя:

- 1) визуальное обследование объекта;
- 2) изучение проектной и исполнительной документации;
- 3) проведение проверочных расчетов отдельных конструкций;
- 4) предварительную оценку состояния объекта;
- 5) разработку и утверждение плана работ;
- 6) измерение здания;
- 7) инструментальное установление параметров дефектов и неисправностей объекта;
- 8) определение действительных прочностных характеристик материалов несущих конструкций;
- 9) установление действительной расчетной схемы объекта и отдельных его конструкций;
- 10) определение расчетных усилий несущих конструкций, подверженных нагрузкам при эксплуатации объекта (обследование конструкций здания);
- 11) определение несущей способности строительных элементов;
- 12) обработку собранных материалов и расчет результатов обследования;
- 13) выявление причин появления дефектов и неисправностей здания;
- 14) формирование заключительного документа, содержащего выводы и рекомендации, направленные на поддержание необходимых величин прочности и сопротивления деформациям;
- 15) составление отчета, включающего протоколы испытаний, графические материалы, рекомендации по проведению ремонтно-восстановительных работ и решение задач заказчика – проведение перепланировки, реконструкции, восстановление проектной документации и прочее [13].

Результаты и обсуждение

По результатам комиссионного обследования состояния зданий и сооружений на испытуемом объекте, попадающих в область влияния горных работ, установлено, что из обследованных 606-ти жилых объектов 380 имеют дефекты. На нескольких объектах отмечены трещины в грунте, появляющиеся после взрывания. Стоит отметить, что объектов с дефектами фундаментов выявлено большинство.

В обследованном квартале расположены гражданские, промышленные и природные объекты. Гражданские объекты – это в основном жилые одноэтажные каменные и деревянные дома с приусадебным хозяйством. Деревянные здания составляют 85 % от

общего числа, а каменные – 15 %. Процент износа колеблется от 5 до 60 %. Общественные объекты – несколько одно- и двухэтажных зданий 1959 – 2000 гг. постройки: детский сад, магазины, ветлечебница и торговый центр. Процент износа строений общественного назначения достигает 59 %. Промышленные объекты – линия электропередач низковольтная, линия связи, газопровод надземный, подъездная и поселковая асфальтированная автодорога, котельная, три электроподстанции. Из природных объектов, попадающих в подработку, ни один не представляет особой ценности, не занесен в Красную книгу, не относится к памятникам природы, истории и культуры.

Всего в квартале обследовано 606 жилых объектов, из которых 452 расположены в зоне плавных сдвижений, 70 – в мульде сдвижения, а 84 – за пределами влияния разработки месторождения. Установлено четыре вида негативных эффектов, проявляющихся в жилом квартале. Повреждения, которые представляют опасность для эксплуатации объектов, не установлены. Состояние объектов закреплено Актами комиссионного обследования. На основании обследования подрабатываемым объектам присвоены категории охраны от вредного влияния, допустимые деформации и меры охраны. Наиболее продуктивный период для обследования зданий и сооружений – это летний период с максимальной длиной светового дня без осадков. Карта участка с обследованными объектами представлена на рис. 1.

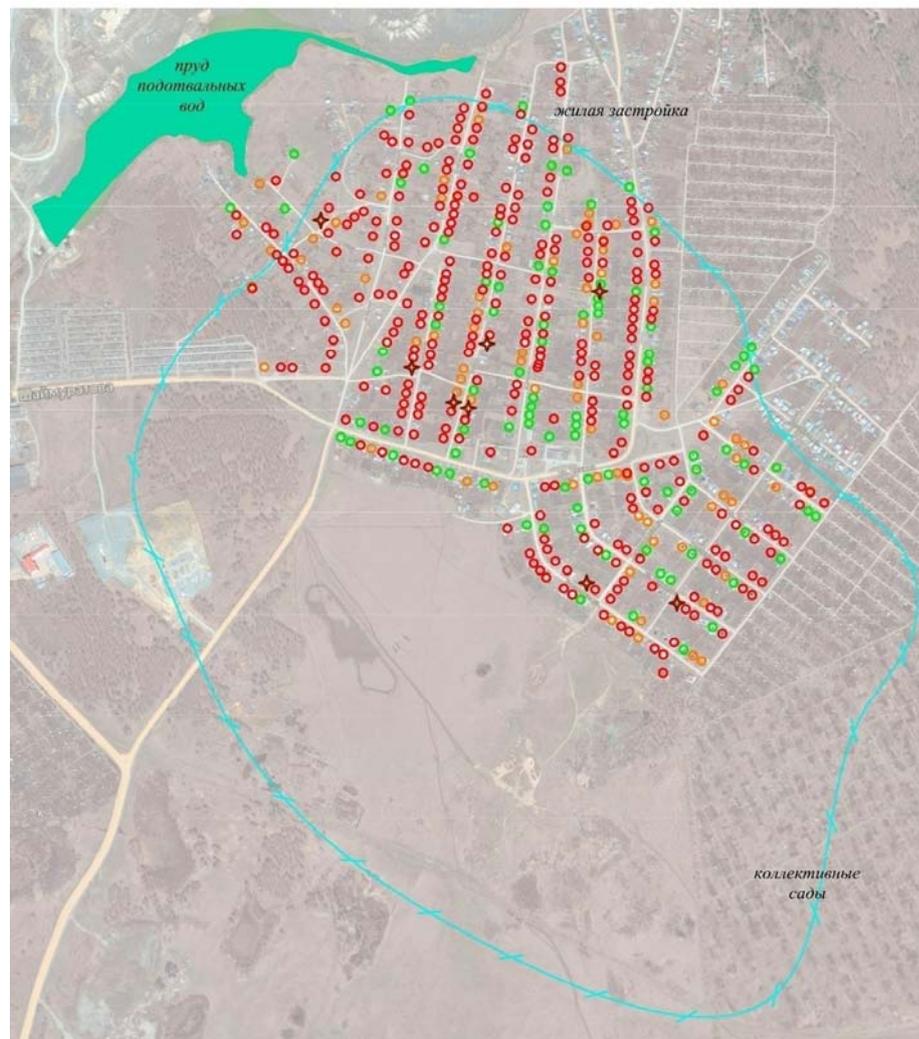


Рис. 1. Карта отображает дома с повреждениями и без.

Условные обозначения:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| граница мульды сдвижения при полной отработке месторождения; | здания с незначительными дефектами; |
| здания без деформаций; | трещины в грунте |
| здания с дефектами фундамента; | |

Основные дефекты зданий:

- трещины в заливных и бутовых фундаментах жилых зданий раскрытием до 5 мм;
- трещины в стенах нежилых подсобных помещений раскрытием до 50 мм;
- расхождение стен и фундаментов на стыках пристроев шириной до 50 мм;
- просадка отдельных углов зданий с образованием ступеней до 50 мм;
- просадка внутренних стен жилых помещений до 50 мм.

Установлено, что в пределах жилого района подземные горные работы являются одним из комплекса факторов, влияющих на деформирование объектов. При этом сложно определить, какой из факторов: естественный износ, непроектное строительство, геодинамическая активность – играет большую роль в деформировании зданий. Повреждения, которые представляют опасность для эксплуатации объектов, не установлены.

Заключение

Электронная диагностическая карта представляет таблицу, которая генерируется в ходе заполнения формы – другой таблицы – каталога. Так формируется база данных, необходимая для создания ГИС [14]. Методика вполне может быть применима для дальнейших подобных обследований, не только для объектов, находящихся в области влияния подземной разработки, но и при влиянии объектов открытой разработки. Можно отметить, что для зданий и сооружений, находящихся в области влияния разрабатываемых и отработанных месторождений нефти и газа также актуальны [15], ввиду более интенсивной их отработки, замещения естественного наполнения искусственным, с другими физическими свойствами. В перспективе находится разработка геоинформационного пакета, в основе которого заполнение через форму – программу, доступную на стационарных и мобильных компьютерах и смартфонах [14].

Список литературы

1. Turney J.E., 1985. *Subsidence above inactive coal mines: information for the homeowner*. Department of Natural Resources. Colorado Division of Reclamation, Mining & Safety and the Colorado Geological Survey, Denver, USA, 36.
2. *Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород: утв. Министерством цветной металлургии СССР 30.06.1986; согласовано Госгортехнадзором СССР 26.06.1986*. Л.: ВНИМИ, 1986, 74 с.
3. *Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ при разработке меднорудных месторождений Урала: утв. министерством цветной металлургии СССР 28.02.77*. Москва: Министерство цветной металлургии СССР, 1978, 44 с.
4. Усанов С.В., Усанова А.В., 2016. Охрана городской техносферы от деформационных процессов при ликвидации горных выработок. *Инженерная защита*, № S2., С. 100 - 108.
5. Кириллов С.Г., Семькин Е.С., Мокрицкая Н.И., Криштапович А.Р., Ефименко С.С., 2020. Сдвижение земной поверхности при отработке Талнахского и Октябрьского месторождения. Меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений. *Горная промышленность*, № 6, С. 106–111. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-106-111.
6. *ГОСТ Р 52892-2007 Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию: утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. N 586-ст*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200064161> (дата обращения 13.072021)

7. РД 07-113-96 Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок (с Изменениями Постановления Госгортехнадзора РФ от 27.06.2002 N 39), 26 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000845> (дата обращения 12.06.2021)
8. Временные правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвижения горных пород: утв. Министерством цветной металлургии СССР 30.06.1986; согласовано Госгортехнадзором СССР 26.06.1986. Л.: ВНИМИ, 1986, 74 с.
9. Далатказин Т.Ш., Коновалова Ю.П., 2017. Прогноз последствий затопления Березовского рудника. *Проблемы недропользования*, №3, С. 60 - 66. DOI: 10.18454/2313-1586.2017.03.060
10. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. От 01.01.2014, 60с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100941> (дата обращения 20.06.2021)
11. Методики проведения обследования зданий и сооружений. URL: <https://extxe.com/15232/metodiki-provedeniya-obsledovaniya-zdaniy-i-sooruzhenij> (дата обращения 10.06.2021)
12. A.K.H. Kwan and P.L. Ng., 2015. Building Diagnostic Techniques and Building Diagnosis: The Way Forward. *Engineering Asset Management - Systems, Professional Practices and Certification*, pp. 849 - 862. DOI: 10.1007/978-3-319-09507-3_74
13. Tomasi, J., Barada, J. Recurring damages on earthen heritage. Diagnosis and possible interventions in the highlands of Jujuy (Argentina). *J Build Rehabil* 5, 28 (2020). <https://doi.org/10.1007/s41024-020-00093-z>
14. Pavel Zuev, Andrey Vedernikov. Zoning of town on undermined territory using GIS software. *E3S Web of Conferences 2020*, Vol. 177, No. 02007, DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017702007>.
15. Radosław Murdzek, Hubert Malik and Andrzej Leśniak. Ground subsidence information as a valuable layer in GIS analysis. *E3S Web of Conf.* 2018, Vol. 36, No. 02006, p. 8. DOI: 10.1051/e3sconf/20183602006.

References

1. Turney J.E., 1985. *Subsidence above inactive coal mines: information for the homeowner*. Department of Natural Resources. Colorado Division of Reclamation, Mining & Safety and the Colorado Geological Survey, Denver, USA, 36.
2. *Vremennye pravila okhrany sooruzhenii i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok mestorozhdenii rud tsvetnykh metallov s neizuchennym protsessom sdvizheniya gornykh porod: utv. Ministerstvom tsvetnoi metallurgii SSSR 30.06.1986; soglasovano Gosgortekhnadzorom SSSR 26.06.1986* [Temporary rules for the protection of structures and natural objects from the harmful influence of underground mining of non-ferrous metal ore deposits with an unexplored process of rock movement: approved by Ministry of Non-ferrous Metallurgy of the USSR on 30.06.1986; approved by Gosgorteh-supervision of the USSR on 26.06.1986]. L.: VNIMI, 1986, 74 p.
3. *Pravila okhrany sooruzhenii i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh rabot pri razrabotke mednorudnykh mestorozhdenii Urala: utv. ministerstvom tsvetnoi metallurgii SSSR 28.02.77* [Rules for the protection of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining operations in the development of copper-ore deposits of the Urals: approved. ministry of Non-ferrous Metallurgy of the USSR on 28.02.77]. Moscow: Ministerstvo tsvetnoi metallurgii SSSR, 1978, 44 p.
4. Usanov S.V., Usanova A.V., 2016. *Okhrana gorodskoi tekhnosfery ot deformatsionnykh protsessov pri likvidatsii gornykh vyrabotok* [Protection of the urban techno-

sphere from deformation processes during the liquidation of mine workings]. *Inzhenernaya zashchita*, № S2., P. 100 - 108.

5. Kirillov S.G., Semykin E.S., Mokritskaya N.I., Krishtapovich A.R., Efimenko S.S., 2020. *Sdvizhenie zemnoi poverkhnosti pri otrabotke Talnakhskogo i Oktyabr'skogo mestorozhdeniya* [Displacement of the Earth's surface during the development of the Talnakhsky and the Oktyabrsky deposits. Measures for the protection of undermined buildings and structures]. *Mery okhrany podrabatyvaemykh zdaniy i sooruzheniy. Gornaya promyshlennost'*, № 6, S. 106–111. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-106-111.

6. *GOST R 52892-2007 Vibratsiya i udar. Vibratsiya zdaniy. Izmerenie vibratsii i otsenka ee vozdeystviya na konstruktsiyu: utv. prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 27 dekabrya 2007 g. N 586-st.* [GOST R 52892-2007 Vibration and shock. Vibration of buildings. Measurement of vibration and assessment of its impact on the structure: approved by the order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 27, 2007 N 586-art]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200064161> (data obrashcheniya 13.07.2021)

7. *RD 07-113-96 Instruksiya o poryadke utverzhdeniya mer okhrany zdaniy, sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya gornykh razrabotok (s Izmeneniyami Postanovleniya Gosgortekhnadzora RF ot 27.06.2002 N 39)*, 26 p. [RD 07-113-96 Instruction on the procedure for approving measures to protect buildings, structures and natural objects from the harmful effects of mining (as amended by the Resolution of the Gosgortekhnadzor of the Russian Federation on 27.06.2002 N 39), 26 p.] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000845> (data obrashcheniya 12.06.2021)

8. *Vremennye pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok mestorozhdeniy rud tsvetnykh metallov s neizuchennym protsessom sdvizheniya gornykh porod: utv. Ministerstvom tsvetnoi metallurgii SSSR 30.06.1986; soglasovano Gosgortekhnadzorom SSSR 26.06.1986* [Temporary rules for the protection of structures and natural objects from the harmful influence of underground mining of non-ferrous metal ore deposits with an unexplored process of rock movement: approved by Ministry of Non-ferrous Metallurgy of the USSR on 30.06.1986; approved by Gosgortekh supervision of the USSR on 26.06.1986]. L.: VNIMI, 1986, 74 p.

9. Dalatkazin T.Sh., Konovalova Yu.P., 2017. *Prognoz posledstviy zatopleniya Berezovskogo rudnika* [Forecast of the consequences of the Berezovsky mine flooding]. *Problemy nedropol'zovaniya*, №3, S. 60 - 66. DOI: 10.18454/2313-1586.2017.03.060

10. *GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya* [GOST 31937-2011 Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of the technical condition]. Ot 01.01.2014, 60 p. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200100941> (data obrashcheniya 20.06.2021)

11. *Metodiki provedeniya obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy* [Methods of conducting an inspection of buildings and structures]. URL: <https://extxe.com/15232/metodiki-provedeniya-obsledovaniya-zdaniy-i-sooruzheniy> (data obra-shcheniya 10.06.2021)

12. A.K.H. Kwan and P.L. Ng., 2015. *Building Diagnostic Techniques and Building Diagnosis: The Way Forward*. Engineering Asset Management - Systems, Professional Practices and Certification, pp. 849 - 862. DOI: 10.1007/978-3-319-09507-3_74

13. Tomasi, J., Barada, J. Recurring damages on earthen heritage. Diagnosis and possible interventions in the highlands of Jujuy (Argentina). *J Build Rehabil* 5, 28 (2020). <https://doi.org/10.1007/s41024-020-00093-z>

14. Pavel Zuev, Andrey Vedernikov. Zoning of town on undermined territory using GIS software. *E3S Web of Conferences 2020*, Vol. 177, No. 02007, DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017702007>.

15. Radosław Murdzek, Hubert Malik and Andrzej Leśniak. Ground subsidence information as a valuable layer in GIS analysis. *E3S Web of Conf.* 2018, Vol. 36, No. 02006, p. 8. DOI: 10.1051/e3sconf/20183602006.