



УДК 622.83:53.08

Усанова Анна Витальевна

научный сотрудник,
отдел геомеханики,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: anne.usanova@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ В СЛОЖНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ*

Аннотация:

В статье проводится детальный анализ проблемы установки реперов наблюдательной станции, расположенной на Промежуточном карьере золоторудного месторождения «Муртыкты». Исследование акцентирует внимание на сложности геологических и ландшафтных условий, включающих густую растительность и значительные перепады высот, что существенно ограничивает возможности размещения профильных линий в полном объеме.

Для оптимизации процесса мониторинга и повышения точности и надежности измерений предлагаются комплекс мер, направленных на улучшение методов закладки и контроля реперов. Эти меры позволяют не только оптимизировать процесс закладки реперов, но и значительно повысить точность и надежность данных, получаемых в ходе мониторинга сдвижения на наблюдательной станции. Таким образом, предложенные подходы способствуют повышению общей эффективности геотехнического контроля и минимизации рисков, связанных с возможными деформациями земной поверхности.

Ключевые слова: массив горных пород, сдвижение, деформации, наблюдательная станция, устойчивость бортов карьера, сложный рельеф.

DOI: 10.25635/2313-1586.2025.04.075

Usanova Anna V.

Researcher,
Geomechanics Department,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
58 Mamina-Sibiryaka Str.,
620075 Ekaterinburg,
e-mail: anne.usanova@gmail.com

FEATURES OF ORGANIZING AN OBSERVATION STATION IN COMPLEX GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS

Abstract:

This article provides a detailed analysis of the installation of benchmarks at a monitoring station located at the Promezhutochny quarry of the Murtykty gold deposit. The study emphasizes the complexity of geological and landscape conditions, including dense vegetation and significant elevation changes, which significantly limit the ability to fully deploy profile lines.

To optimize the monitoring process and improve the accuracy and reliability of measurements, a set of measures is proposed to improve benchmark installation and monitoring methods. These measures will not only optimize the benchmark installation process but also significantly improve the accuracy and reliability of data obtained during displacement monitoring at the monitoring station. Thus, the proposed approaches contribute to improving the overall effectiveness of geotechnical monitoring and minimizing the risks associated with potential ground deformation.

Key words: rock massif, displacement, deformation, observation station, quarry wall stability, complex relief.

Введение

Золоторудное месторождение «Муртыкты», известное с 1890 г., расположено на Восточном склоне Южного Урала. В административном отношении месторождение находится в центральной части Учалинского района Республики Башкортостан, в 30 км севернее г. Учалы (рис. 1). Также в 1890 г. была открыта Западная зона под названием «Ильинская жила», в последующие годы в пределах месторождения открыты новые рудные зоны: Ик-Давлят (1912 г.), Восточная (1931 г.) и Промежуточная (1969 г.) [1, 2].

Исследуемый участок, а именно Промежуточная рудная зона, находится в лесной зоне и характеризуется грядово-сопочным рельефом. Рельеф очень изменчивый, холмистый. Преобладающие отметки местности от 440 до 480 м.

* Работа выполнена в рамках Гос. задания №075-00410-25-00 (FUWE-2025-0003),
рег. № 123012300007-7.

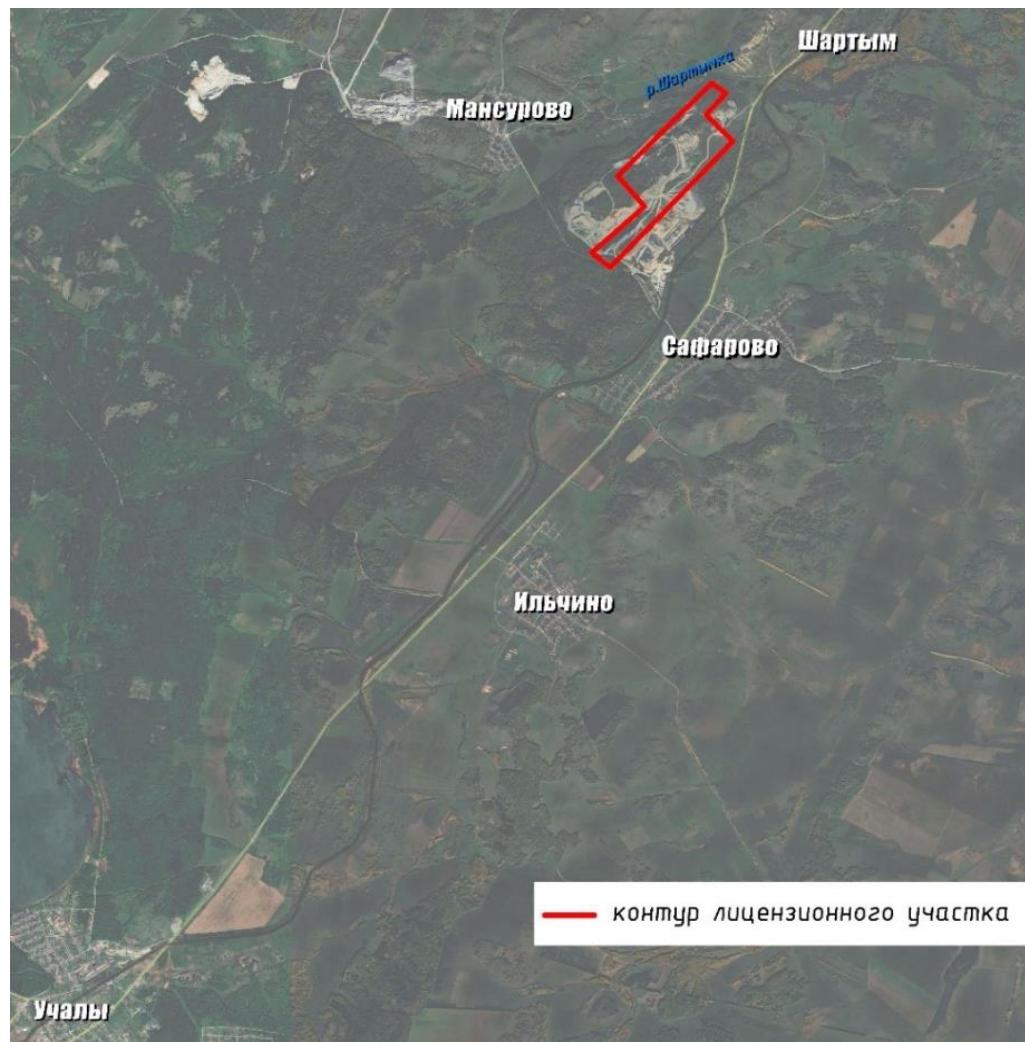


Рис. 1. Обзорная карта района

Чтобы обеспечить своевременный контроль состояния подрабатываемой поверхности и объектов инфраструктуры, находящихся в зоне влияния подработки, зафиксировать динамику изменений деформаций, оседаний, обеспечить оперативное выявление превышений от нормативных значений и снижение рисков аварийных ситуаций, организуются наблюдательные станции [3].

Проект наблюдательной станции

В рамках технического задания предусмотрена комплексная реализация проекта наблюдательной станции для Промежуточного карьера, включающая разработку проектной документации и последующее оборудование станции. Наблюдательная станция создается с учетом горно-геологических условий и параметров занимаемой территории. При инструментальном маркшейдерском мониторинге опорные реперы наблюдательной станции должны быть расположены за пределами зоны сдвижения, которая определяется исходя из высоты и особенностей деформирования бортов карьеров, разрезов и откосов отвалов в соответствии с таблицей 2 ФНИП [4]. Для конкретных условий – полное отсутствие неблагоприятных поверхностей ослабления, либо поверхности ослабления направлены под углами $-5^\circ < \beta < -60^\circ$, размер зоны сдвижения составляет $1,5H$, где H – глубина карьера, которая составляет 90 м, таким образом, размер зоны сдвижения составляет 135 м.

Реперы наблюдательной станции закладывают по прямым линиям, ориентированным, как правило, по простиранию и вкrest простирания рудных тел и выходящим за пределы ожидаемых границ сдвижения. Количество линий должно быть не менее двух вкrest простирания и одной по простиранию. Профильные линии состоят из опорных и рабочих реперов. В зависимости от фактической ситуации на местности допускается расположение опорных реперов только на одном конце линии или закладка линий без опорных реперов в увязке их со смежными линиями. При выносе проекта наблюдательной станции в натуру допускается корректировка местоположения реперов профильных линий в зависимости от текущих условий на местности. Фактические места закладки реперов выбираются таким образом, чтобы обеспечить их продолжительную сохранность [5, 6].

В рамках проекта наблюдательная станция на Промежуточном карьере включает 5 профильных линий (Iп, IIп, II^aп, IIIп, III^aп). Всего на Промежуточном карьере предполагалось установить 35 реперов с протяженностью профильных линий в 1075 м. Расстояние между опорными реперами 100 м, между рабочими реперами – около 30 м. Опорные реперы закладывают на концах линий вне зоны влияния горных разработок, то есть за пределами мульды сдвижения. Рабочие реперы располагаются в зоне вредного влияния горных работ (рис.2). В процессе анализа имеющихся данных было выявлено, что в пределах мульды сдвижения располагаются охраняемые объекты III категории. К числу таких объектов относятся три высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП), транспортные съезды и дорога местного значения (табл.1).

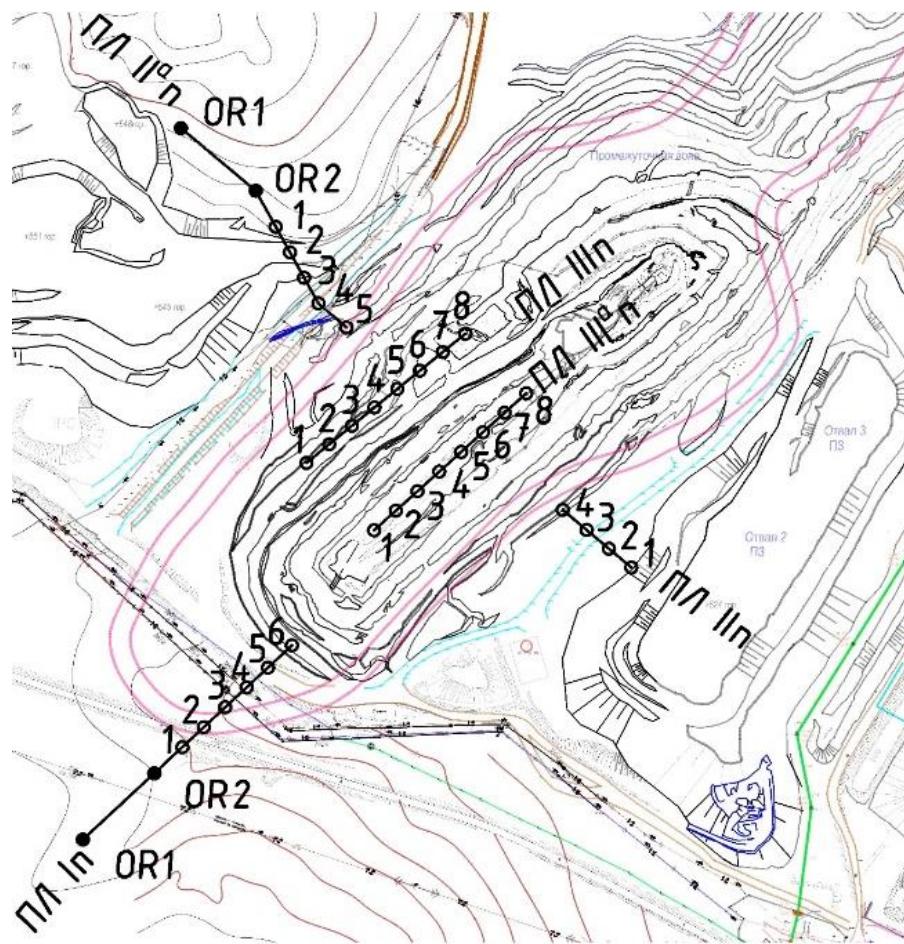


Рис. 2. Схема конструкции проектируемой наблюдательной станции на Промежуточном карьере



Таблица 1

**Характеристика проектной наблюдательной станции
на поверхности месторождения «Муртыкты»**

№ линии	Количество реперов			Расстояние между		Общая длина линии, м	Расположение линии относительно подземных горных работ	Охраняемые объекты
	рабо- чих	опор- ных	всего	рабо- чими	опор- ными			
Промежуточный карьер								
Iп	6	2	8	30 – 40	100	293	южный фланг месторождения по линии простирания	асфальти- рованная дорога местного значения, 3 высоко- вольтные линии
IIп	4	–	4	30 – 32	–	92	юго-восточный фланг месторождения вкрест линии простирания	
II^aп	5	2	7	30 – 40	100	270	юго-западный фланг месторождения вкрест линии простирания	
IIIп	8	–	8	30	–	210	южный фланг месторождения, отклонение по часовой стрелке на 10° от оси простирания	транспорт- ный съезд
III^aп	8	–	8	30	–	210	южный фланг месторождения, отклонение по часовой стрелке на 8° от оси простирания	транспорт- ный съезд
Всего	31	4	35			1075		

Корректировка станции с учетом осложняющих факторов

В процессе проведения выездного обследования и реализации проекта были выявлены значительные технические и природные трудности, существенно усложнившие выполнение запланированных мероприятий и требующие корректировки проектной документации. В частности, необходимо учитывать неблагоприятные условия для установки реперов наблюдательной станции, что может негативно повлиять на точность геодезических измерений и, как следствие, на эффективность всей системы мониторинга. Кроме того, произошло изменение числа охраняемых объектов, что определяет необхо-

димость адаптации проектного решения с целью обеспечения требуемого уровня контроля.

Факторы, оказавшие влияние на реализацию проекта:

- **Рельеф местности и уклон поверхности:** значительные перепады высот (отметки варьируются от 420 до 550 м) и сложный холмистый рельеф – создавали препятствия для прокладки профильных линий и установки реперов, особенно на участках с крутым уклоном (прибортовая территория с восточного и южного флангов). Высота отвалов, располагающихся вблизи верхней бровки карьера, достигает 40 м.
- **Инфраструктура и техногенные объекты:** наличие технологических дорог, на валов и других инженерных сооружений ограничивало доступ к целевым участкам для закладки реперов, требуя дополнительных логистических и технических решений.
- **Технологические изменения контуров отвалов:** динамика изменения контуров отвалов, связанная с геологическими факторами, не позволила осуществить установку реперов в соответствии с исходными проектными решениями.
- **Антропогенный фактор и природная растительность:** густая растительность и наличие антропогенных объектов усложняли проведение полевых работ по закладке реперов.

В связи с особенностями рельефа местности и другими осложняющими факторами, фактическая конфигурация станции включает лишь 4 профильные линии с 17 реперами.



Рис. 3. Промежуточный карьер, выходы подземных горных выработок на поверхность

Профильная линия Iп состоит из 2 рабочих реперов – заложена по простиранию зоны рудных тел, она контролирует процесс сдвижения на южном борту карьера и съезд в штольню. Профильная линия IIп состоит из 2 рабочих реперов – заложена вкrest простирания рудного тела, контролирует деформации массива горных пород над выездом с горизонта 395 м и процесс деформаций в подошвенной части породного отвала № 2 (рис. 3). На профильных линиях Iп и IIп располагаются новые объекты охраны – выходы подземных горных выработок на поверхность, которые также относятся к III категории. Профильная линия II^ап включает в себя 7 реперов, из них 2 опорных – располагается вкrest простирания рудной залежи. Начало профильной линии заложено у верхней бровки карьера, где происходит процесс обрушения бортов от глинистых отложений. Профильная линия IIIп состоит из 6 рабочих реперов – заложена на недействующем транспортном съезде. Съезд закрыт из-за начавшейся деформации борта вследствие отработки подземной камеры. Пятый и шестой реперы профильной линии располагаются непосредственно над локальным обрушением борта (рис. 4, табл. 2).

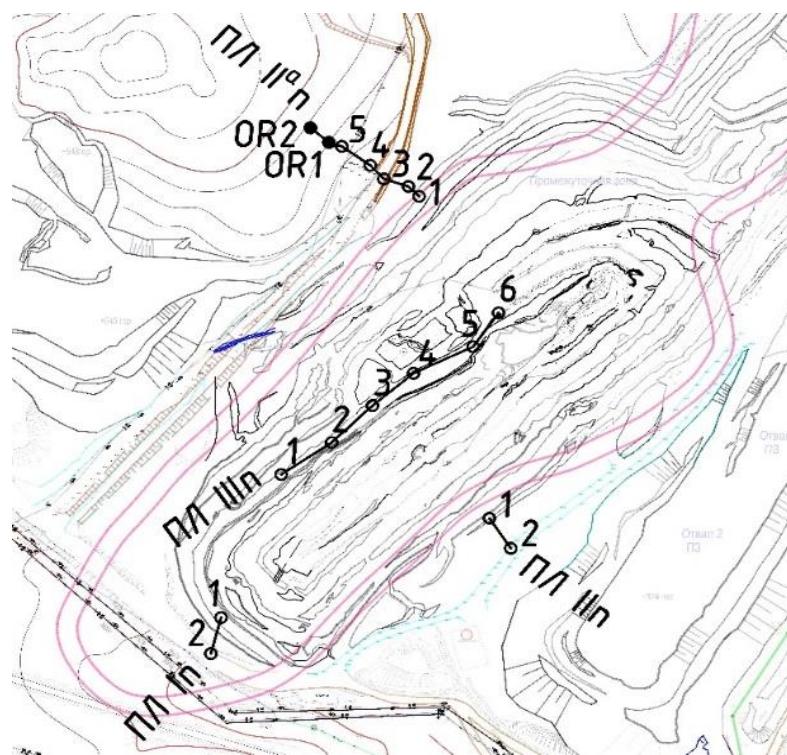


Рис. 4. Схема конструкции фактической наблюдательной станции на Промежуточном карьере

Таблица 2
**Характеристика фактической наблюдательной станции на поверхности
месторождения «Муртыкты»**

№ линии	Количество реперов			Расстояние между		Общая длина линии, м	Расположение линии относительно подземных горных работ	Охраняемые объекты
	рабо- чих	опор- ных	всего	рабо- чими	опор- ными			
Промежуточный карьер								
Iп	2	—	2	41	—	41	южный фланг месторождения по линии про- стирания	съезд в штолнию на южном борту
IIп	2	—	2	40	—	40	юго-восточный фланг мест- орождения вкрест линии простирации	выезд из штолни с горизонта -395 м
II^aп	5	2	7	16 – 36	26	140	юго-западный фланг мест- орождения вкрест линии простирации	в/в ЛЭП
IIIп	6	—	6	46 – 69	—	293	южный фланг месторождения, отклонение по часовой стрелке на 10° от оси простирации	транспорт- ный съезд
Всего	15	2	17			514		



Рис. 5. Промежуточный карьер, вид с южного фланга

Влияние неблагоприятных условий на точность мониторинга

Ограничение числа реперов и их неравномерное распределение в условиях сложного рельефа может негативно сказаться на точности и полноте получаемых данных [7]. Снижение плотности наблюдательной сети увеличивает вероятность пропусков локальных сдвигов и снижает общую информативность мониторинга. В условиях, когда реперы размещены с недостаточным интервалом, возникает риск недооценки масштабов и характера деформаций, что может привести к некорректным выводам и ошибочным решениям [8, 9].

Рекомендации по оптимизации мониторинга в сложных условиях

С целью повышения эффективности мониторинга процесса сдвижения в зонах с неблагоприятными условиями следует учитывать особенности местности и применять специализированные методы установки реперов [10]. Для соответствия проекта нормативным требованиям необходимо:

- провести детальный геоморфологический и топографический анализ района для определения оптимальных мест размещения реперов с учетом уклона, растительности и инфраструктуры;
- использовать современные геоинформационные технологии, такие как БПЛА, методы GNSS и лазерное сканирование, для точного определения координат реперов и минимизации погрешностей;
- разработать адаптивные методики закладки реперов, учитывающие местные природные и техногенные условия, что позволит минимизировать влияние неблагоприятных факторов;
- внедрить систему регулярного мониторинга состояния реперов, включая их техническое обслуживание и корректировку при выявлении деформаций или смещений;
- рассмотреть возможность дополнения наблюдательной станции новыми профильными линиями или дозакладкой дополнительных опорных реперов на существующих линиях.

Заключение

Несмотря на возникшие технические и природные трудности, проведенный анализ подтверждает важность и необходимость создания наблюдательной станции для мониторинга состояния подрабатываемой поверхности и охраняемых объектов в Промежуточной рудной зоне (рис. 5). Заложенные профильные линии позволяют достичь поставленных целей, включая оперативное выявление начальных признаков деформационных процессов и непрерывное наблюдение за всеми стадиями изменения геометрии бортов, а также своевременный контроль за состоянием объектов охраны в зоне влияния подработки, что является критически важным для обеспечения безопасности производственной деятельности.

Для достижения максимальной точности и полноты данных необходимо учитывать местные геоморфологические и геотехнические условия, а также применять специализированные методики работы. Комплексный подход к реализации проекта позволит значительно повысить эффективность мониторинга и обеспечить безопасность горных работ.

Автор выражает благодарность за помощь в создании статьи Усанову С.В.

Список литературы

1. Знаменский С.Е., 2016. Геолого-структурная позиция золото-сульфидного месторождения Муртыкты (южный Урал). *Вестник академии наук РБ*, Том 21, № 3 (83).
2. Салихов Д.Н., Ковалев С.Г., Беликова Г.И., Бердников П.Г., 2003. *Полезные ископаемые Республики Башкортостан (золото)*. Часть 1. Уфа: «Экология», 222 с.
3. Викторов С.Д., Гончаров С.А., Иофис М.А., Закалинский В.М., 2019. *Механика сдвижения и разрушения горных пород*. Отв. ред. акад. Трубецкой К.Н. Москва: РАН, 360 с.
4. *ФНИП в области промышленной безопасности "Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов"*. № 439 от 13.11.2020 г. URL: <https://tk-expert.ru/uploads/files/ntd/ntd-809-20210108-191105.pdf> (дата обращения 10.12.2025)
5. *Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений ВНИМИ*, 1988. ВНИПИгорцветмет. Москва: Недра, 112 с.
6. *Инструкция по безопасному ведению горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых*. РД 06-174-97, 2011. Серия 06. Выпуск 4. 2-е изд. Москва: ЗАО «НТИ ПБ», 28 с.
7. Усанов С.В., Усанова А.В., 2017. Мониторинг сдвижения поверхности при ликвидации и затоплении горных выработок Лебяжинского месторождения. *Горный журнал*, № 1, С. 18-22.
8. Усанов С.В., Коновалова Ю.П., Ефремов Е.Ю., Харисова О.Д., Усанова А.В., 2022. Внезапные деформационные процессы в горном массиве при недропользовании: факторы проявления и возможности предупреждения. *Горная промышленность*, № S1, С. 111-118.
9. Хоружая Н.В., Доценко О.Г., 2019. Сравнение методики наблюдений за оседаниями земной поверхности с помощью традиционной и короткой наблюдательных станций. *Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ*, №14 (57), С. 28-33.
10. Усанов С.В., Усанова А.В., 2021. Исследование обрушений грунта над неглубокой заброшенной шахтой для определения геотехнических условий индивидуального строительства. *Известия Томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов*, Т. 332, № 8, С. 168-176.

References

1. Znamenskii S.E., 2016. Geologo-strukturnaya pozitsiya zoloto-sul'fidnogo mestorozhdeniya Murtykty (yuzhnyi Ural) [Geological and structural position of the Murtykty gold-sulfide deposit (Southern Urals)]. *Vestnik akademii nauk RB*, Vol. 21, № 3 (83).
2. Salikhov D.N., Kovalev S.G., Belikova G.I., Berdnikov P.G., 2003. Poleznye iskopaemye respubliki Bashkortostan (zoloto) chast' 1 [Useful minerals of the Republic of Bashkortostan (gold) part 1]. Ufa: «Ekologiya», 222 p.
3. Viktorov S.D., Goncharov S.A., Iofis M.A., Zakalinskii V.M., 2019. Mekhanika svizheniya i razrusheniya gornykh porod [Mechanics of rock shear and fracture]. Otv. red. akad. Trubetskoi K.N. Moscow: RAN, 360 p.
4. FNIP v oblasti promyshlennoi bezopasnosti "Pravila obespecheniya ustoichivosti bortov i ustupov kar'erov, razrezov i otkosov otvalov" [Federal Scientific and Industrial Regulations in Industrial Safety "Rules for Ensuring the Stability of Quarry Slopes, Open Pits, and Dump Slopes"]. № 439 ot 13.11.2020 g. URL: <https://tk-expert.ru/uploads/files/ntd/ntd-809-20210108-191105.pdf> (data obrashcheniya 10.12.2025)
5. Instruktsiya po nablyudeniyam za svizheniem gornykh porod i zemnoi poverkhnosti pri podzemnoi razrabotke rudnykh mestorozhdenii VNIMI, 1988 [Instructions for Monitoring Rock and Earth Surface Movements during Underground Mining of Ore Deposits, VNIMI, 1988]. VNIPiGortsvetmet. Moscow: Nedra. 112 p.
6. Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot pri kombinirovannoj (sovmeshchennoi) razrabotke rudnykh i nerudnykh mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh [Instructions for the Safe Conduct of Mining Operations during Combined (Combined) Development of Ore and Non-Metallic Mineral Deposits]. RD 06-174-97, 2011. Seriya 06. Vypusk 4. 2-e izd. Moscow: ZAO «NTTS PB», 28 p.
7. Usanov S.V., Usanova A.V., 2017. Monitoring svizheniya poverkhnosti pri likvidatsii i zatoplenii gornykh vyrabotok Lebyazhinskogo mestorozhdeniya. [Monitoring surface displacement during liquidation and flooding of mine workings at the Lebyazhinskoye deposit]. *Gornyi zhurnal*, № 1, P. 18-22.
8. Usanov S.V., Konovalova Yu.P., Efremov E.Yu., Kharisova O.D., Usanova A.V., 2022. Vnezapnye deformatsionnye protsessy v gornom massive pri nedropol'zovanii: faktory proyavleniya i vozmozhnosti preduprezhdeniya [Sudden deformation processes in rock mass during subsoil use: factors of manifestation and possibilities of prevention]. *Gornaya promyshlennost'*, № S1, P. 111-118.
9. Khoruzhaya N.V., Dotsenko O.G., 2019. Sravnenie metodiki nablyudenii za ose-daniyami zemnoi poverkhnosti s pomoshch'yu traditsionnoi i korotkoi nablyudatel'nykh stantsii [Comparison of the methodology for observing land surface subsidence using traditional and short observation stations]. *Sbornik nauchnykh trudov GOU VPO LNR «DonGTU»*, №14 (57), P. 28-33.
10. Usanov S.V., Usanova A.V., 2021. Issledovanie obrushenii grunta nad ne-glubokoi zabroshennoi shakhtoi dlya opredeleniya geotekhnicheskikh uslovii individual'nogo stroitel'stva [Study of soil collapses above a shallow abandoned mine to determine geotechnical conditions for individual construction]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, Vol. 332, № 8, P. 168-176.