

УДК622.838

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.02.071

Желтышева Ольга Дмитриевна
младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: OlgaZheltysheva@gmail.com

Zheltisheva Olga D.
junior researcher,
the Institute of Mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg, 58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: OlgaZheltysheva@gmail.com

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

Usanov Sergey V.
candidate of technical sciences,
the chief of rock mass displacement laboratory,
the Institute of Mining UB RAS
e-mail: USV@igduran.ru

Драсков Владимир Павлович
старший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: draskov_vp@mail.ru

Draskov Vladimir P.
Senior researcher,
the Institute of Mining UB RAS
e-mail: draskov_vp@mail.ru

**МЕРЫ ОХРАНЫ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ ОТ ПОДЗЕМНЫХ
ГОРНЫХ РАБОТ
В КАРСТУЮЩЕМСЯ МАССИВЕ**

**PROTECTION MEASURES
FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS
FROM UNDERGROUND MINING
OPERATIONS IN KARSTIC ROCK MASS**

Аннотация:

В статье описывается разработка комплекса мер охраны зданий и сооружений поселка, попадающего в границы ожидаемой зоны влияния предстоящей отработки рудного тела в сложных горно-геологических условиях.

Abstract:

The paper describes the development of protection measures complex for buildings and constructions of the settlement lying inside the boundaries of the anticipated impact area of forthcoming ore body extraction in complicated mining and geological conditions.

Ключевые слова: меры охраны, подземные горные работы, карст, наблюдательная станция, сдвижение горных пород

Key words: protection measures, underground mining operations, karsts, control network, rock mass displacement

Жилые и общественные здания, расположенные в зоне вредного влияния горных разработок, подлежат обязательной охране, если это влияние представляет угрозу для здоровья и жизни людей или может привести к нарушению нормальной эксплуатации, а их снос или перемещение являются невозможными или экономически нецелесообразными [1].

Поселок Александровский попадает в прямую подработку от подземных горных работ, выполняемых на участке рудного тела № 6 Узельгинского медноколчеданного месторождения, которое располагается в Челябинской области. Обособленное от других рудное тело № 6 имеет форму пологозалегающей линзы с падением 1 – 5°. Его протяженность по длинной оси 340 м, а ширина достигает 305 м. От дневной поверхности рудное тело залегает на глубине 173 – 215 м. Пересеченная мощность колеблется от 1,7 до 34,2 м. Рудное тело залегает в болотистой пойме реки Узельга. Кроме того, разработка его осложняется тем, что непосредственно на кровле рудной залежи располагается подошва закарстованных обводненных известняков.

В ожидаемые границы мульды сдвижения от отработки рудного тела попадают гражданские, промышленные и природные объекты: 18 жилых одноэтажных домов преимущественно деревянной постройки, линии электропередач, 3 электроподстанции, автомобильные дороги локального значения, водопонижительные скважины, металлический ангар на территории зернохранилища, а также река Узельга.

Чтобы произвести наиболее полную отработку рудного тела в сложных горно-геологических условиях, обеспечивая при этом безопасную эксплуатацию подрабатываемых объектов, необходимо разработать комплекс мер охраны данных объектов.

Методы исследований

Разработке мероприятий по охране предшествовал ряд проведенных натурных и теоретических исследований. На основании расчетов было выполнено обоснование параметров горных работ, при которых своды очистных выработок будут оставаться в устойчивом состоянии, исходя из размеров рудного тела и проектируемых технологических параметров отработки.

Прогноз деформаций земной поверхности заключался в установлении границ зон вредного влияния горных работ и вычислении возможных максимальных оседаний. Ожидаемая граница мульды сдвижения определяется граничными углами $\beta_0, \gamma_0, \delta_0$, а граница зоны опасных сдвижений – углами сдвижения β, γ, δ . Для месторождений с неизученным процессом сдвижения угловые параметры определяются по соответствующим нормативным документам [2] с учетом структурных особенностей массива горных пород.

Возможные максимальные оседания земной поверхности были рассчитаны по формуле

$$\eta_{\max} = m_3 \cos \frac{\alpha}{2} u_{\beta} K_0 ,$$

где m_3 – эффективная мощность, α – средний угол падения залежи, u_{β} – степень подработанности земной поверхности, K_0 – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние систем разработки на развитие процесса сдвижения вышележащей толщи пород. Для данного рудного тела принято $\alpha=5^\circ$, $u_{\beta}=0,63$, $K_0=0,9$.

Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов при отработке рудного тела № 6 на объекты поселка Александровский производилась на основании теоретического расчета безопасного расстояния при производстве массовых взрывов с учетом свойств грунта в основании охраняемых объектов, типа сооружений, характера застройки и других факторов согласно разделу VIII «Единых правил безопасности при взрывных работах (ПБ 13 – 407 – 01)» [3]. Рассчитанная общая масса одновременно (без замедления) взрывааемых зарядов, при которой сейсмически опасная зона не достигнет поверхности, составила 500 кг.

Оценка угрозы затопления рудника поверхностными, подземными водами и водами от прорывов карста производилась на основе анализа гидрогеологических материалов скважинного водозабора подземных вод месторождения, а также на основе геофизических исследований методами электроразведки и спектрального сейсмопрофилирования [4, 5].

Результаты исследований

При расчете параметров устойчивых обнажений были определены два значения эквивалентного пролета – как при отсутствии геологических нарушений и зон смятия, так и при их наличии. Так, при длине камеры $L=50$ м значения эквивалентного пролета составили 14,36 и 10 м, соответственно.

По установленным граничным углам и углам сдвижения были отстроены границы мульды сдвижения и зоны опасных деформаций (рис. 1). С учетом практически горизонтального залегания рудного тела № 6 для него граничные углы были приняты равными между собой по всем направлениям так же, как и углы сдвижения. Их величины установлены равными 62° и 75° , соответственно. Угол сдвижения φ в глинистых обводненных наносах и выветрелых породах принят равным 35° во всех направлениях.

Максимальное оседание поверхности над рудным телом № 6 произойдет над участком с максимальной мощностью, которая составляет 34,2 м в центральной его части; его расчетная величина составила 1,24 м. На основе этих данных составлена карта прогноза ожидаемого развития процесса сдвижения и деформаций земной поверхности (см. рис. 1).

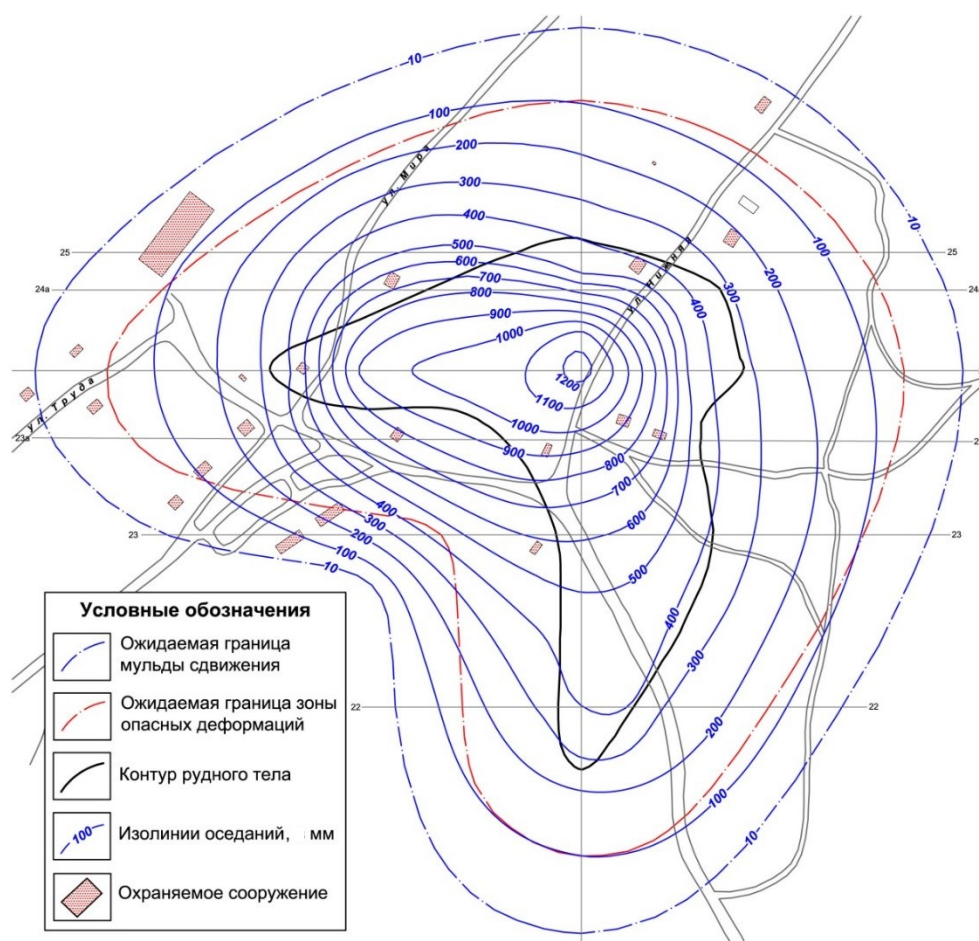


Рис. 1 – Изолинии оседаний земной поверхности, границы мульды сдвижения и зоны опасных деформаций

По результатам геофизических исследований были выявлены зоны наибольшей нарушенности с повышенной обводненностью, трещиноватостью и закарстованностью (рис. 2), представляющие наибольшую опасность при проходке выработок [5].

Меры охраны объектов от вредного влияния подземных горных работ

Разработанный комплекс мер охраны включает профилактические, горно-технические, строительные и конструктивные меры, а также меры по устранению вредного сейсмического воздействия взрывов на объекты и меры от затопления рудника.

Основой *профилактических мероприятий* служит карта прогноза ожидаемого развития процесса сдвижения и деформаций земной поверхности. На ней выделяют площади, не подверженные влиянию горных работ, или такие, где процесс сдвижения полностью закончился, т. е. площади, на которых эксплуатацию существующих сооружений и объектов и строительство новых сооружений можно вести без всяких ограничений. Остальную территорию разбивают на участки с относительно небольшими деформациями, где можно эксплуатировать или располагать второстепенные, малочувствительные к подработке здания и сооружения, участки с затухающими деформациями, где можно в ближайшее время начинать строительство, и участки с интенсивными деформациями,

где возводить здания и сооружения в ближайшее время нецелесообразно [6].

В качестве *заблаговременных профилактических мер* необходимо отметить разработку проекта комплексной наблюдательной станции. В качестве *текущих профилактических мер* необходимы организация и проведение мониторинга развития процесса сдвижения и деформаций в охраняемых объектах.

Для мониторинга процесса сдвижения земной поверхности проект предполагает закладку двух профильных линий, ориентированных по простиранию и вкрест простирания рудного тела № 6 (см. рис. 2). Каждая профильная линия состоит из опорных и рабочих реперов. Рабочие реперы закладывают в пределах ожидаемой границы мульды сдвижения, опорные – на концах профильных линий вне зоны сдвижения земной поверхности. Общее число рабочих реперов составило 60, опорных реперов – 6. Для мониторинга деформаций подрабатываемых зданий и сооружений предусмотрена закладка специальной наблюдательной станции, включающей 42 ственных репера.

В конструктивную сеть комплексной наблюдательной станции включены дополнительные реперы, которые предназначены для проведения спутниковых GPS-наблюдений [7]. Данные пункты закладываются в зоне опасных сдвижений земной поверхности (см. рис. 2) на участках, которые не контролируются наблюдениями по профильным линиям. Это позволит не ограничиваться измерениями смещений реперов в двух плоскостях, а обеспечить площадной мониторинг зоны критических деформаций [8]. Переопределение координат этих пунктов с последующим вычислением сдвижений и построением векторов их смещения позволит контролировать области наибольшей нарушенности и закарстованности.

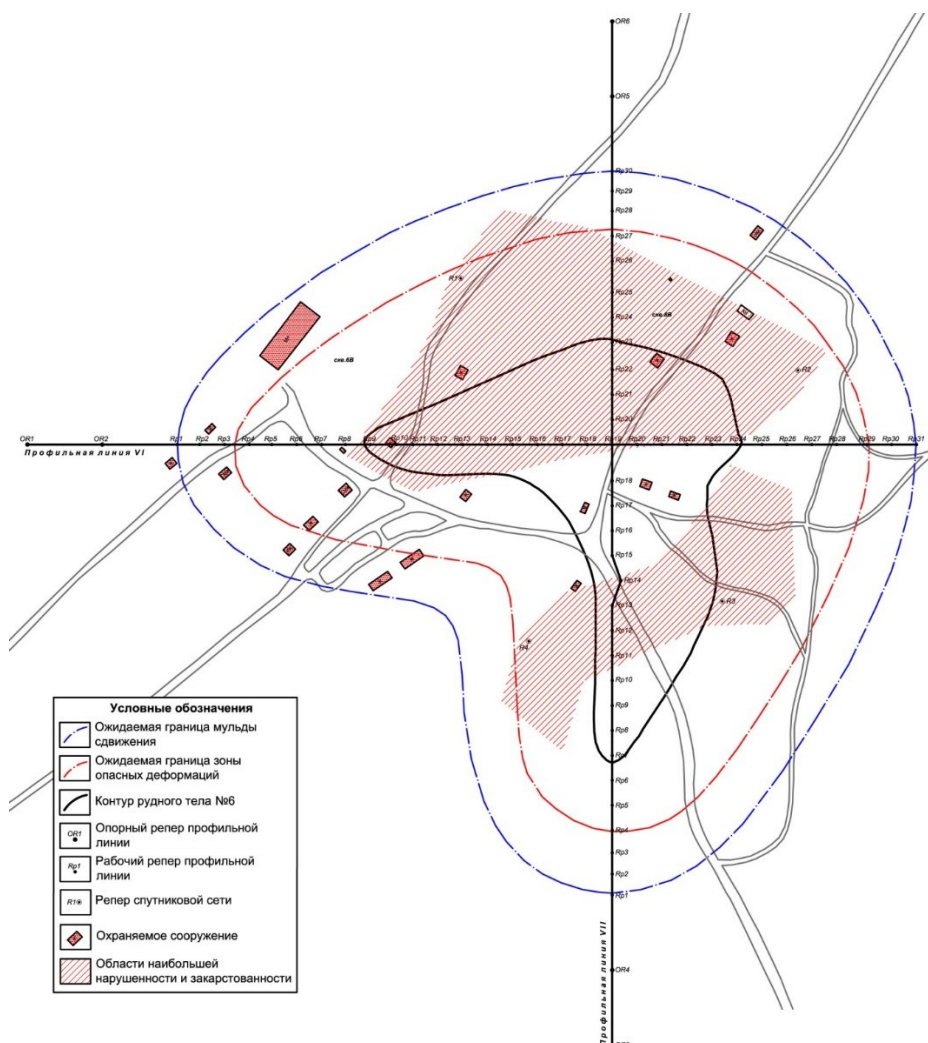


Рис. 2 – Проект наблюдательной станции над рудным телом № 6

Основу рекомендуемых *горно-технических мер* составляют применяемые на практике способы подземных разработок месторождений, направленных на уменьшение вредного влияния горных работ на земную поверхность и подрабатываемые объекты. В качестве основной горно-технической меры охраны объектов поселка Александровский принимается способ предстоящей отработки запасов рудного тела № 6, который будет осуществляться камерной системой с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. При этом должны соблюдаться рассчитанные параметры горных работ, при которых своды очистных выработок будут оставаться в устойчивом состоянии.

Кроме того, рекомендуется не допускать простоя камер в непогашенном состоянии в условиях отсутствия тектонических нарушений более 5 месяцев после выпуска руды, в условиях наличия тектонических нарушений и карста – не более 1 месяца.

Оставление предохранительных целиков как горно-техническая мера защиты охраняемого объекта не предусматривается. Однако в случае выявления признаков реальной угрозы обрушения пород или при обнаружении участка водообильного карста, склонного к внезапному прорыву подземных вод, необходимо предусмотреть оставление предохранительных целиков.

Строительные и конструктивные меры охраны сооружений включают разделение зданий на отсеки деформационными швами, усиление несущих конструкций с помощью стальных тяжей, железобетонных поясов, дополнительное укрепление основания сооружения или массива, временное изменение характера эксплуатации подрабатываемого объекта или перемещение подрабатываемого объекта за границы зоны вредного влияния горных работ.

Так как рудное тело № 6 расположено непосредственно под поселком Александровский, то при производстве массовых взрывов расстояние, на которое распространяются колебания грунта, не должно превышать глубину залегания данного рудного тела [3]. Для этого необходимо не превышать рассчитанную общую массу одновременно взрывающихся зарядов. При обнаружении фактов превышения уровня допустимого воздействия взрывов на объекты поселка параметры одновременно взрывающегося заряда следует уменьшить с учетом реальных испытаний.

Для *охраны от затопления* в настоящее время рудником выполнено профилактическое отведение с шахтного поля основного стока реки Узельга, поэтому опасность затопления представляют водопритоки подземных и карстовых вод.

Наиболее реальный способ минимизировать риск затопления рудника при отработке рудного тела № 6 – это продолжать откачки из водопонижительных скважин и не допускать обрушения его кровли. При этом при проходке горных выработок и на стадии ведения очистных работ необходимо предусмотреть выполнение следующих специальных мероприятий:

- при проходке горных выработок в контактной зоне кровли рудного тела с известняками при вскрытии известняков необходимо производить опережающее бурение скважин из забоя выработки на глубину не менее 5 м. В пройденной выработке обязательно должна быть обустроена и поддерживаться в рабочем состоянии водоотводная канавка до ближайшего водосборника, оборудованного насосами;

- при ведении очистных работ на верхнем горизонте, контактирующем с известняковой толщей, в целях предотвращения возможных прорывов вод в случае развития самообрушения пород кровли до закладки камеры, необходимо до начала очистных работ в камере пробурить восстающую скважину на глубину $\frac{3}{4}$ ширины камеры, соответствующую возможному размеру свода самообрушения;

- на участках наибольшей нарушенности и закарстованности рудного тела № 6 пробуривать в кровлю опережающие скважины с целью исключения карстовой полости над камерами. Глубина скважин должна быть на 3 м больше границы зоны влияния взрыва на трещиноватость законтурного массива;

– в случае вскрытия опережающими скважинами карстовых полостей провести исследования по определению границ карстовой полости, после установления размеров и положения карста обеспечить его ликвидацию;

– в случае вскрытия камерами большого карста в налегающем массиве немедленно отстроить на поверхности зону по углам воронкообразования $\nu=85^\circ$ от границ карстовой полости. Здания и сооружения, попадающие в эту зону, прекратить эксплуатировать. Организовать ежедневные инструментальные наблюдения за поверхностью на участке за границами возможной зоны обрушения. Оборудовать глубинные реперы для контроля развития купола обрушения;

– для обеспечения безопасности всего рудника от затопления при проходке вскрывающих выработок к рудному телу на каждом горизонте необходимо создать водозащитные перемычки с герметичными воротами.

Востребование к исполнению вышеперечисленных мер охраны определяется также по результатам мониторинга развития деформационных процессов сдвижения и обрушения [9]. Если по результатам наблюдений будут получены величины углов сдвижения и другие параметры сдвижения, отличающиеся от принятых мерами охраны объекта, то данные меры подлежат уточнению.

Таким образом, применение на практике разработанного комплекса мер охраны позволит обеспечить безопасную эксплуатацию подрабатываемых объектов и при этом произвести наиболее полную отработку рудного тела № 6 в сложных горно-геологических условиях.

Литература

1. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок: утв. Госгортехнадзором России 07.09.96 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/3/3016/>
2. 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. – М.: Министерство цветной металлургии СССР, 1978. – 44 с.
3. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01): утв. Госгортехнадзором России 30.01.01. – М.: НТИЦ «Промышленная безопасность», 2001.
4. Мельник В.В. Исследование и создание геолого-структурной и геомеханической модели участка недропользования / В.В. Мельник, А.Л. Замятин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 4. – С. 226 - 230.
5. Мельник В.В. Оценка опасности карстопроявлений геофизическими методами / В.В. Мельник // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 7. – С. 151 - 155.
6. Усанов С.В. Подработанные подземными горными работами территории в г. Березовский и оценка возможности их использования / С.В. Усанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 10. – С. 349 - 352.
7. Усанов С.В. Современные технологии мониторинга процесса сдвижения / С.В. Усанов, Ю.П. Коновалова, О.Д. Желтышева // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 36 - 39.
8. Панжин А.А. Исследование сдвижений земной поверхности при разработке месторождений с применением площадных инструментальных методов / А.А. Панжин // Известия вузов. Горный журнал. – 2009. – № 2. – С. 69 - 74.
9. Драсков В.П. Обеспечение безопасности эксплуатации сооружений шахты на Сарановском месторождении хромитов / В.П. Драсков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 6. – С. 309 - 316.