

# Сдвигение земной поверхности при отработке Талнахского и Октябрьского месторождения. Меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений

С.Г. Кириллов<sup>1</sup>✉, Е.С. Семькин<sup>2</sup>, Н.И. Мокрицкая<sup>2</sup>, А.Р. Криштапович<sup>1</sup>, С.С. Ефименко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, Российская Федерация

✉postanovshik@bk.ru

**Резюме:** В статье рассмотрены основные причины и факторы, влияющие на характер развития процесса сдвижения горных пород. На основе данных инструментальных наблюдений специализированных организаций установлено, что развитие процесса сдвижения происходит плавно и медленно, без образования провалов и крупных трещин на земной поверхности. Применяемые меры охраны зданий и сооружений делятся на два вида: горные меры охраны и конструктивные меры. Основные сооружения на месторождениях Талнаха, подлежащие охране, как правило, расположены в пределах промплощадок вспомогательных вентиляционных, закладочных и грузовых стволов. Эти сооружения в основном промышленные. К промышленным сооружениям в первую очередь следует отнести надшахтные сооружения (здания и копры), здания подъемных машин, закладочные комплексы, крупные вентиляционные и компрессорные установки, ремонтно-механические цеха, электроподстанции, административно-бытовые корпуса и др. В настоящее время основной мерой охраны для вышеперечисленных сооружений является закладка выработанного пространства твердеющими смесями, которая резко снижает величины деформаций пород и земной поверхности и, как показывает многолетний опыт, обеспечивает бесперебойную эксплуатацию большинства сооружений, попадающих в зону влияния горных работ, без применения дополнительных горных и конструктивных мер защиты.

**Ключевые слова:** горное дело, параметры процесса сдвижения, границы влияния подземных горных разработок, системы с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью, меры охраны сооружений и природных объектов, охрана подрабатываемых объектов

**Для цитирования:** Кириллов С.Г., Семькин Е.С., Мокрицкая Н.И., Криштапович А.Р., Ефименко С.С. Сдвигение земной поверхности при отработке Талнахского и Октябрьского месторождения. Меры охраны подрабатываемых зданий и сооружений. *Горная промышленность*. 2020;(6):106–111. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-106-111.

## Rock Mass Movement in Development of Talnakh and Oktyabrskoye Deposits. Measures to Protect Undermined Buildings and Facilities

S.G. Kirillov<sup>1</sup>✉, E.S. Semykin, N.I. Mokritskaya<sup>2</sup>, A.R. Krishtapovich<sup>1</sup>, S.S. Efimenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation, Norilsk, Russian Federation

<sup>2</sup> North-East State University, Magadan, Russian Federation

✉postanovshik@bk.ru

**Abstract:** The paper reviews the main causes and factors affecting the rock mass movement processes. Based on instrumental surveys performed by specialized organizations it was established that the rock mass movement develops slowly and evenly without sinkholes and large cracks on the ground surface. The protection measures for buildings and facilities can be divided into two types: mine protection measures and structural measures. The main facilities at the Talnakh deposits that are subject to protection are generally located within the service sites for auxiliary ventilation, rock and material shafts. These facilities are used mainly for industrial purposes. Industrial buildings include, first of all, surface shaft facilities (buildings and the winding towers), hoist engine buildings, stowage facilities, large ventilation and compressor units, mechanical repair shops, electrical substations, administrative and amenity buildings, etc. Currently, the main protection measure for the above mentioned facilities is backfilling of the mined-out space with solidifying compounds, which drastically reduces the amount of deformations in the rock mass and on the ground surface and, as many years of experience have shown, ensures uninterrupted operation of most of the facilities within the mine impact zone without applying additional mining and structural protection measures.

**Keywords:** mining, parameters of the rock mass displacement, mine impact zone, backfilling of the mined-out space with solidifying compounds, protection measures for facilities and natural objects, protection of undermined facilities

**For citation:** Kirillov S.G., Semykin E.S., Mokritskaya N.I., Krishtapovich A.R., Efimenko S.S. Rock Mass Movement in Development of Talnakh and Oktyabrskoye Deposits. Measures to Protect Undermined Buildings and Facilities. *Gornaya promyshlennost' = Russian Mining Industry*. 2020;(6):106–111. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-106-111.

## Введение

Раздельно-последовательная отработка запасов разносортных руд, сопровождаемая полной закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, по степени изменения исходного равновесного состояния занимает промежуточное положение по отношению к добыче запасов с длительным поддержанием налегающей толщи целиками и с обрушением налегающих пород. Это обуславливается тем, что наращиваемый при очистных работах массив твердеющей закладки, не оказывая существенного влияния на горный массив за пределами участка отработки в плане при характерных для Талнахского и Октябрьского месторождений трещиноватых вмещающих породах, вовлекается во взаимодействие с ними и снижает их техногенную нарушенность. Такой характер воздействия подработанных пород и закладочного массива обеспечивает плавное и медленное развитие процесса сдвижения без образования провалов и крупных трещин на земной поверхности.

Основными факторами, определяющими характер и параметры процесса сдвижения горных пород и земной поверхности, являются: структурные особенности горного массива, физико-механические свойства пород, размеры выработанного пространства, глубина горных работ, полнота заполнения выработанного пространства твердеющей закладкой, ее компрессионные свойства, порядок отработки, система разработки и др. факторы.

Запасы Талнахского рудного узла отрабатываются с разделением на шесть рудных полей с различными глубинами залегания рудных тел. На шахте «Маяк» глубина залегания не превышает 300 м. В полях рудников «Комсомольский», «Октябрьский» и «Таймырский» она составляет соответственно 500–800 м, 700–1000 м и 1000–1500 м. На новой шахте «Скалистая» в условиях сложной геомеханической обстановки, вызванной близостью Норильско-Хараелахского разлома, глубина залегания подлежащих отработке рудных тел С-1 и С-2 составляет соответственно 800–1000 м и 1100–1500 м. На проектируемом руднике «Глубокий» глубина разработки достигает 2000 м. Согласно классификации, составленной для условий полной подработки, при которых размеры выработанного пространства соизмеримы со средней глубиной разработки и значения параметров достигают экстремальных величин [1, с. 43–44], Талнахское и Октябрьское месторождения следует отнести к II типу, а именно к месторождениям с грубослоистым массивом горных пород,  $f_{cp} > 9$ .

При грубослоистом массиве слоистость обусловлена главным образом параллельным залеганием пород, а не их свойствами – структурой или текстурой. В результате этого влияния доля прогиба в величинах сдвижений уменьшается и значительно большее значение приобретает трещиноватость или тектоническая нарушенность массива, по которым происходят сдвиги пород. Для месторождений II типа минимальное значение угла при пологом и наклонном залегании равно 70 и с запасом его можно принять равным 65°.

Для отработки запасов месторождений Талнаха применялись различные комбинации слоевой и камерной систем разработки, а в настоящее время наиболее распространена камерно-целиковая, с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Наряду с этим в результате

внедрения современной техники, совершенствования способов отбойки и доставки руды в процессе оптимизации производственных процессов постепенно происходило увеличение параметров элементов систем разработки.

Применяемые системы разработки и изменение параметров горных выработок оказывают далеко не равноценное влияние на состояние массива с точки зрения обеспечения минимальных значений деформаций подрабатываемых толщ пород, где находятся подготовительные выработки вышележащих горизонтов. Однако отмечено, что нисходящий порядок отработки слоев увеличивает количество недозаложенных пустот в закладочном массиве, а увеличение ширины полосы ведения очистных работ связано с увеличением конвергенции почвы-кровли, особенно при наличии тектонической нарушенности покрывающей толщи.

## Деформация и сдвижение толщи пород

Для получения данных о деформировании и сдвижении толщи пород и земной поверхности под влиянием подземных горных работ Талнахского и Октябрьского месторождений проводились инструментальные наблюдения, в результате которых установлено, что процесс сдвижения горных пород и земной поверхности на рудниках носит плавный характер, соответствующий разработке системами с закладкой выработанного пространства. Повторная подработка активизирует процесс сдвижения, увеличивая скорости оседания над выработанным пространством примерно в 1,5 раза.

Вокруг выработанного и заложенного пространства (в дальнейшем выработанного пространства) под влиянием подземных горных разработок в массиве возникает область, в которой произошло изменение исходного равновесного состояния пород, подвергшихся вследствие этого сдвижениям и деформациям. При пологом залегании рудных тел и полной закладке выработанного пространства твердеющими смесями основными формами деформирования горного массива являются: изгиб (прогиб) пород, в основном без разрыва сплошности пород, сжатие и растяжение, а также сдвиг или скол, в основном в районе тектонических разрывов.

В соответствии с характером деформирования блочно-слоистого массива выделяются три основные зоны, каждая из которых проявляется в покрывающих и подстилающих породах. Схема расположения зон деформирования в покрывающих породах показана на рис. 1, где:

I – зона равномерных (полных) сдвижений, в которой векторы сдвижения равны и параллельны друг другу;

II – зона опорного давления, в которой породы и руды испытывают деформацию сжатия;

III – зона изгиба (прогиба), в которой породы испытывают деформации растяжения и сжатия.

Как правило, зоны не имеют резко выраженных границ, а постепенно переходят одна в другую. Увеличение площади подработки и глубины работ увеличивает размеры области влияния.

Влияние различных вариантов систем разработки на величины деформаций подрабатываемых пород должны учитываться в «Указаниях по охране сооружений и природных объектов, находящихся в зоне влияния подземных горных работ на рудниках Талнахского и Октябрьского месторождений» введением коэффициентов *A* и *B* при определении эффективной мощности, которая используется

1 Проведение экспериментальной проверки методики расчета линейных и угловых параметров процесса сдвижения и внесение необходимых уточнений. Отчет о НИР/ВНИМИ (промежуточный), 0294069100, рук. Акимов А. Г., Зеленцов С. Н. Л.; 1989. С. 16.

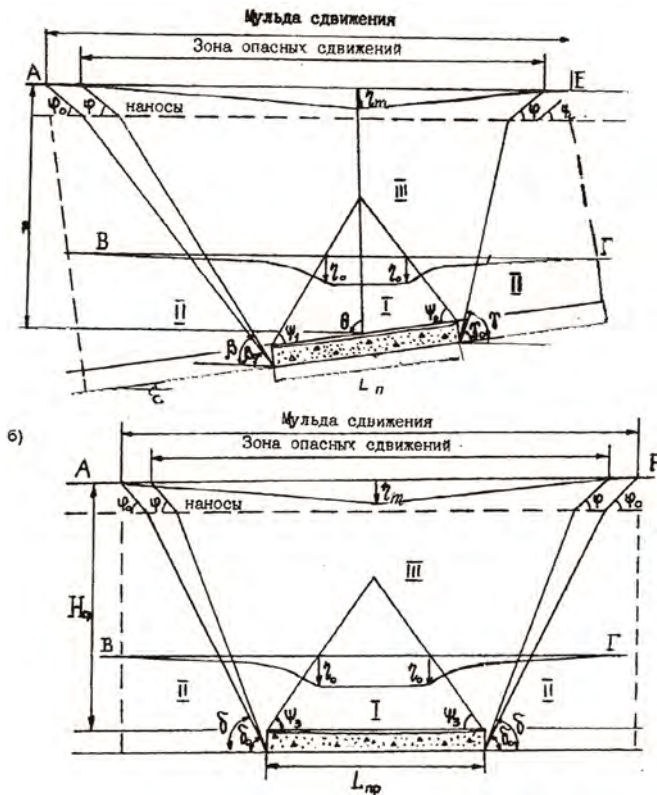


Рис. 1  
Схема влияния очистной выработки: а) – на разрезе вкрест простирания; б) – на разрезе по простиранию; А-Б – горизонт неполной подработки; В-Г – горизонт полной подработки

Fig. 1  
Stope impact zone: а) – cross section across the strike; б) – cross section along the strike; А-Б – under-mining horizon; В-Г – completely undermined level

при вычислении максимальных оседаний земной поверхности.

На каждом горном предприятии должна быть определена граница зоны опасных сдвижений, образованная от проектной глубины горных работ.

Для всех технических, промышленных и гражданских сооружений, искусственных и естественных водоемов, попадающих в зону опасных сдвижений, должны быть утверждены меры охраны или обеспечены их своевременный снос или перемещение за пределы указанной зоны.

Меры охраны объектов, попадающих в зону опасного влияния горных работ, выбирают путем сравнения ожидаемых (расчетных) деформаций с допустимыми деформациями, при которых сооружения могут получить повреждения, не нарушающие их нормальной эксплуатации. Значения допустимых деформаций для охраняемых объектов в Норильском промышленном районе должны учитывать условия многолетнемерзлых грунтов.

**Охрана сооружений и природных объектов**

В пределах территории Талнахского и Октябрьского месторождений объекты, расположенные в зоне влияния подземных горных работ, можно разделить на три группы: промышленные здания, сооружения и транспортные коммуникации на земной поверхности, подземные капитальные горные выработки (горизонтальные и вертикальные, в том числе шахтные стволы) и водные (природные) объекты (водохранилища и реки на земной поверхности и подземные водоносные горизонты).

В соответствии с требованиями п. 1.13 «Инструкции о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок»<sup>2</sup> все подземные и наземные сооружения и природные объекты, попадающие в зону опасного влияния горных разработок, подлежат обязательной охране, если это влияние представляет угрозу для здоровья и жизни людей, находящихся в местах расположения охраняемых объектов, может привести к нарушению использования объектов по прямому назначению, а их снос или перемещение за пределы границы зоны влияния горных разработок являются невозможными или экономически нецелесообразными.

**Меры охраны зданий и сооружений**

Меры охраны зданий и сооружений делятся на два вида: горные меры охраны и конструктивные меры.

Горные меры охраны предназначены главным образом для уменьшения деформаций земной поверхности на участке подрабатываемых сооружений. Чаще всего они применяются при решении вопросов, связанных с подработкой объектов, построенных без конструктивных мероприятий. Область применения горных мер для защиты вновь строящихся зданий и сооружений весьма ограничена, так как практически невозможно осуществить строгую увязку календарных планов выемки залежи с проектами застройки намечаемой к подработке территории.

Реализация горных мероприятий должна осуществляться согласно специально разработанному проекту по согласованию с органами государственного горного надзора.

Основные горные меры охраны зданий и сооружений:

1. Мероприятия, связанные с рациональным планированием горных работ относительно подрабатываемых сооружений:

- а) отработка пластов длинными забоями;
- б) отработка под сооружениями в несколько этапов;
- в) гармоничный способ отработки пластов;
- г) выбор оптимального расположения очистной выработки.

2. Применение частичной или полной закладки выработанного пространства

- а) неполная выемка пластов и залежей по мощности и площади;
- б) неполная выемка пластов по мощности и площади;
- в) оставление предохранительных целиков.

Конструктивные меры могут успешно применяться для защиты как вновь строящихся, так и эксплуатируемых зданий и сооружений. Однако применение их в последнем случае не всегда может оказаться достаточным и технически возможным вследствие конструктивных и эксплуатационных особенностей сооружений, а также их состояния к началу подработки.

Конструктивные меры делятся на две группы:

- 1. Меры защиты от вертикальных деформаций
  - а) разделение зданий на отсеки с помощью деформационных швов;
  - б) обеспечение надежности опирания элементов перекрытий и покрытий;
  - в) применение домкратов для выравнивания зданий;
- 2. Меры защиты от горизонтальных деформаций

<sup>2</sup> Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок (РД-07-113-96), утверждено Госгортехнадзором России 28.03.96, постановление № 14.



- а) разделение зданий на отсеки с помощью деформационных швов;
- б) устройство железобетонных поясов на уровне пола подвала или цоколя;
- в) устройство железобетонных плит на уровне пола подвала или цоколя;
- г) устройство компенсационных траншей вокруг здания.

### Охрана сооружений и коммуникации на земной поверхности

Основные сооружения на месторождениях Талнаха, подлежащие охране, как правило, расположены в пределах промплощадок вспомогательных вентиляционных, закладочных и грузовых стволов. Эти сооружения в основном промышленные. Гражданские сооружения, как правило, расположены за пределами зоны влияния подземных разработок.

К промышленным сооружениям в первую очередь следует отнести надшахтные сооружения (здания и копры), здания подъемных машин, закладочные комплексы, крупные вентиляционные и компрессорные установки, ремонтно-механические цеха, электроподстанции, административно-бытовые трех-четырёхэтажные корпуса и др. К промплощадкам подходят трубопроводы (водопроводы, теплотрассы различного диаметра (до 700 мм)), а также высоко-вольтные линии электропередач (ВЛ), шоссе и дороги и подъездные железнодорожные пути.

В настоящее время основной мерой охраны для вышеперечисленных сооружений является закладка выработанного пространства твердеющими смесями, которая резко снижает величины деформаций пород и земной поверхности и, как показывает многолетний опыт, обеспечивает бесперебойную эксплуатацию большинства сооружений, попадающих в зону влияния горных работ, без применения дополнительных горных и конструктивных мер защиты.

Что касается шоссе и подъездных железнодорожных путей, расположенных в пределах подрабатываемых площадей системами с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, то для них новых дополнительных мер не требуется и не рекомендуется.

### Охрана шахтных стволов

Вскрытие месторождений Талнаха осуществлено вертикальными стволами, условно разделенными на две категории: основные и вспомогательные.

К основным стволам отнесены клетевые и скиповые подъемы, расположенные на основных промплощадках. Эти стволы, как правило, расположены на значительном

удалении от рудоносных участков и не попадают в зону влияния подземных горных работ. Только основные стволы КС и СС рудника «Маяк» пересекают рудную залежь и их охрана осуществляется с помощью общего предохранительного целика, рассчитанного на всю глубину горных работ по углам сдвижения при полной подработке. Ширина бермы для стволов и надшахтных сооружений принята равной 20 м.

К вспомогательным стволам относятся все вентиляционные закладочные, грузовые и др. стволы, пройденные в непосредственной близости от рудных залежей или даже их пересекающие. Согласно техническим проектам срок службы вспомогательных стволов определяется временем отработки сплошных и «медистых» руд системами с полной закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

Для охраны вспомогательных стволов, пересекающих рудные залежи или находящиеся в непосредственной близости от нее, предусмотрено оставление временных предохранительных целиков сокращенных размеров.

Предохранительные целики сокращенных размеров не обеспечивают полную защиту охраняемых стволов, но обеспечивают возможность нормальной их эксплуатации на весь период отработки сплошных сульфидных руд при минимальных затратах на профилактические ремонты.

Охрана вспомогательных стволов с помощью предохранительных целиков сокращенных размеров предполагает, что при условии полного заполнения выработанного пространства твердеющей смесью, начиная с некоторого (безопасного) расстояния от кровли рудного тела  $H_6 = K_6 m_3$ , где  $K_6$  – коэффициент безопасности, сдвижения и деформации массива пород не будут превосходить определенных критических величин, при которых стволы могут получить существенные повреждения и выйти из строя.

По данным регулярных обследований стволов, где еще не производилась отработка предохранительных целиков, состояние стволов в целом было удовлетворительным.

### Охрана капитальных горных выработок

Порядок вскрытия, подготовки и отработки запасов разнородных руд Талнахского и Октябрьского месторождений предопределяет обычно создание сети выработок вентиляционно-закладочных горизонтов, расположенных на высоте от 5 до 50 м и более от кровли рудного тела. Подработка вентиляционно-закладочных выработок (штреков, квершлагов, уклонов) осуществляется постоянно. При этом подрабатываемые выработки должны сохранять в рабочем состоянии.





Горные выработки, пройденные в толще пород, по характеру восприятия деформаций могут довольно резко отличаться друг от друга в зависимости от их ориентировки относительно очистного пространства, прочностных свойств, основных систем трещиноватости и нарушенности вмещающих пород, глубины залегания и типа крепления. Выработки, попадающие в различные зоны деформирования пород под влиянием очистных работ, получают совершенно различные по своему характеру повреждения в зависимости от перечисленных факторов с учетом проявления горных ударов. Поэтому охрану и поддержание подготовительных выработок на рудниках Талнахского и Октябрьского месторождений в действующих «Указаниях» рекомендовано осуществлять в соответствии с «Методическими указаниями» и «Указаниями по безопасному ведению горных работ», 1977 г., разработанными и составленными ВНИМИ на основании многолетних наблюдений за устойчивостью горных выработок, пройденных в различных породах, закрепленных различными видами крепи и расположенных в различных зонах подработки. В проекте настоящих «Указаний», по сравнению с действующими «Указаниями»<sup>3</sup>, ссылки даны на действующие в настоящее время и переутвержденные после 1991 г. нормативно-методические документы<sup>4</sup>.

**Охрана водных объектов**

На Талнахском и Октябрьском месторождениях охраняемыми водными объектами могут считаться:

- 1) водоемы и водотоки на земной поверхности (водохранилище, озеро Кыллах-Кюель, долины рек Талнах и Хараелах;
- 2) водоносный горизонт четвертичных валунно-гравийно-галечных отложений;
- 3) комплекс трещинных вод коренных пород.

При этом пункты (1) и (2) относятся к объектам народнохозяйственного значения.

Водоемы и водотоки, указанные в пункте (1), располагаются над сквозными таликами, имеют водоупорное основание, представленное вязкими, высоко пластичными глинами мощностью до 40–60 м, выклинивающимися у основания плато Хараелах.

Водоносный горизонт четвертичных отложений имеет

коэффициент фильтрации  $K_f$  10 м/сут (до 50 м/сут на отдельных участках), мощность его 5–50 м, напор до 4 м и более, залегаet непосредственно по контакту с коренными породами, распространен практически над всей площадью подработки шахты «Маяк» и рудниками «Комсомольский» и «Октябрьский».

При существующем резком различии значений коэффициента фильтрации нижний контур обводненного комплекса коренных пород должен быть определен для каждого рудника или отдельного участка месторождений специалистами гидрогеологической службы.

Многолетний опыт отработки рудных залежей Талнахского и Октябрьского месторождений системами с закладкой выработанного пространства показал, что подработка комплекса трещинных вод коренных пород и основного водоносного горизонта (шахта «Маяк») не привела к заметному увеличению коэффициента фильтрации, не вызвала резкого возрастания обводненности в районах, прилегающих к тектоническим нарушениям, включая главный шов Норильско-Хараелахского разлома на глубинах свыше 120–150 м от контакта с наносами.

Озеро Кыллах-Кюель на большой территории безаварийно подработано горными работами гор. – 580 м в 1984–1990 гг. (рудник «Комсомольский», участок СЗР). В зоне влияния подземных горных работ рудника «Октябрьский» (шахта 2) находится водохранилище. Случаев аварийных прорывов воды в горные выработки из подработанных водоемов за все время эксплуатации рудников Талнаха не отмечено.

Плавность сдвижения, незначительное расслоение налегающих пород и отсутствие вертикальных трещин в краевых частях мульды сдвижения обеспечили сохранение слабой проницаемости пород рудоносной интрузии.

Таким образом, принятые меры охраны водных объектов на данной стадии развития очистных работ обеспечивают надежную охрану вышеперечисленных объектов. Несмотря на то, что критерии безопасной подработки приняты с некоторым запасом, в настоящее время нет оснований для их пересмотра и корректировки.

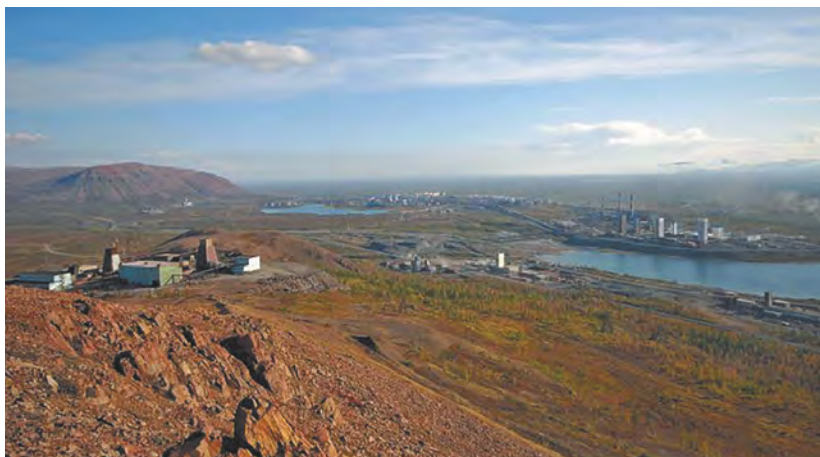
Однако, учитывая увеличивающуюся нарушенность массива и понижение глубины разработки, при подработке водных объектов прогноз потерь воды из охраняемых объектов должен выполняться специализированной организацией с учетом не только природных, но и технологических факторов<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Указания по охране сооружений и природных объектов, находящихся в зоне влияния подземных горных работ на рудниках Талнахского и Октябрьского месторождений. СПб.: ВНИМИ; 1996. 38 с.

<sup>4</sup> Методические указания по управлению горным давлением при сплошных системах разработки с твердеющей закладкой на рудниках Норильского ГМК. Л.: ВНИМИ; 1987; Указания по безопасному ведению горных работ на Талнахском и Октябрьском месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. Норильск; 2001.

<sup>5</sup> Методические указания по изучению и прогнозу техногенного режима подземных вод при освоении угольных месторождений. Ч. I. Методика изучения техногенного режима подземных вод при разведке и эксплуатации угольных месторождений. СПб.: ВНИМИ; 1992. 107 с.





### Выводы

При увеличении производительности горнодобывающих предприятий, в результате применения высокопроизводительных систем разработки, механизации добычи полезного ископаемого, усовершенствования организации труда и модернизации управления производственными процессами, необратимо возникает реакция горного массива на интенсивность ведения горных работ, которая на

поверхности отражается в виде мульды сдвижения – на земной поверхности образуются зона вредного влияния горных работ на здания и сооружения.

По данным натурных наблюдений и регулярных обследований объектов, расположенных в зоне влияния подземных горных работ, установлено, что данная мера полностью удовлетворяет требованиям эксплуатации зданий и сооружений.

### Список литературы

1. Акимов А.Г., Громов В.В., Бошнятов Е.В., Зеленцов С.Н., Кузнецова Е.И., Тяпин В.М., Файнштейн Ю.Б.; Яковлев Д.В. (ред.). *Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений*. СПб.: ВНИМИ; 2003. 166 с.

### References

1. Akimov A.G., Gromov V.V., Boshenyatov E.V., Zelentsov S.N., Kuznetsova E.I., Tyapin V.M., Fainshtein Yu.B.; Yakovlev D.V. (ed.). *Geomechanical aspects of rock displacement during underground mining of coal and ore deposits*. St. Petersburg: VNIMI; 2003. 166 p. (In Russ.)

#### Информация об авторе

**Кириллов Сергей Геннадьевич** – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация; e-mail: postanovshik@bk.ru

**Семькин Евгений Сергеевич** – ст. преподаватель кафедры горного дела ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет. Инженер производственно-технического отдела ООО «Дюамель», г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: semykin.ev82@mail.ru

**Мокрицкая Наталья Ивановна** – кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: natashamok@mail.ru

**Криштапович Андрей Романович** – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация; e-mail: postanovshik@bk.ru

**Ефименко Сергей Сергеевич** – аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Норильский государственный индустриальный институт, г. Норильск, Российская Федерация; e-mail: postanovshik@bk.ru

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 02.11.2020

Поступила после рецензирования: 12.11.2020

Принята к публикации: 23.11.2020

#### Information about the author

**Sergey G. Kirillov** – Post-Graduate Student, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation; e-mail: postanovshik@bk.ru

**Evgeniy S. Semykin** – Senior Lecturer at the Mining Department, North-East State University. Engineer at Operation and Technical Department, Duamel LLC, Magadan, Russian Federation; e-mail: semykin.ev82@mail.ru

**Natalia I. Mokritskaya** – Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Vehicles Transport Department, North-East State University, Magadan, Russian Federation; e-mail: natashamok@mail.ru

**Andrey R. Krishtapovich** – Post-Graduate Student, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation; e-mail: postanovshik@bk.ru

**Sergey S. Efimenko** – Post-Graduate Student, Department of Mineral Deposit Development, Norilsk State Industrial Institute, Norilsk, Russian Federation; e-mail: postanovshik@bk.ru

#### Article info:

Received: 02.11.2020

Revised: 12.11.2020

Accepted: 23.11.2020