

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила безопасности в угольных шахтах. Приказ Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в угольных шахтах" (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 № 30961). – М.: Федеральная служба по экологии, технологическому и атомному надзору, 2013. – 100 с.
2. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Выпуск 22. – М.: ЗАО Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2012. – 250 с.
3. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов / А.Д. Рубан, В.Б. Артемьев, В.С. Забурдяев, В.Н. Захаров, А.К. Логинов, Е.П. Ютяев. – М.: Горная книга, 2010. – 500 с.
4. Дегазация газа метана из угольных пластов и вмещающих пород на шахтах Кузбасса. История. Действительность. Будущее / А.В. Ремезов, В.Г. Харитонов, А.И. Жаров, Д.И. Жмуровский, В.О. Торро, Н.В. Рябков. – Кемерово, 2012. – 848 с.
5. Пучков, Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. – М.: изд. Московского государственного горного университета, 2002. – 383 с.
6. Родин Р.И. Эффективность дегазации шахт Кузбасса // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. № 2. С.116 – 119.
7. Вареха Ж.П., Лис С.Н. Технологические решения по извлечению метана из углепородного массива // Горный журнал Казахстана. 2016. № 2. С. 6 – 9.
8. Агеев П.Г., Агеев Н.П., Агеев Д.П., Десяткин А.С., Пашенко А.Ф. Плазменно-импульсное воздействие – инновационный подход к добыче традиционных и нетрадиционных углеводородов и заблаговременной дегазации угольных пластов // Бурение и нефть. 2016. № 7-8. С. 34 – 40.
9. Пашенко А.Ф., Авдеев П.Г. Плазменно-импульсная технология повышения нефтеотдачи: оценка параметров механического воздействия // Наука и техника в газовой промышленности. 2015. № 3(63). С. 17 – 26.
10. Пат. 2521098 РФ. Способ добычи метана из угольных пластов / П.Г. Агеев, Н.П. Агеев, В.В. Стрельченко; ООО «Георезонанс». № 2012141137/03; заявл. 27.09.2012; опубл. 10.04.2014. Бюл. № 10.
11. Пат. 2554611 РФ. Способ добычи метана из угольных пластов / П.Г. Агеев, Н.П. Агеев, В.В. Стрельченко; ООО «Георезонанс». № 2014108013/03; заявл. 04.03.2014; опубл. 27.06.2015. Бюл. № 18.
12. Пат. 2521098 РФ. Скважинный источник сейсмической энергии (варианты) / П.Г. Агеев, А.А. Молчанов, В.Н. Сидора; ООО «Георезонанс». № 2011108527/03; заявл. 05.03.2011; опубл. 10.06.2011. Бюл. № 16.

© 2018 г. С.Н. Ширяев, П.Г. Агеев, А.А. Черепов, О.А. Петрова, В.Н. Фрянов
Поступила 3 сентября 2018 г.

УДК 622.822.2

Т.В. Лобанова

Научно-исследовательский центр «Геомеханика»

**ДИАГНОСТИКА ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТВОЛОВ ТАШТАГОЛЬСКОГО РУДНИКА
ДЛЯ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ИХ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ
ПОДРАБОТКЕ**

Отработка запасов Таштагольского месторождения осуществляется в условиях развития процессов сдвижения земной поверхности и горных пород. Отставание строительства основных сооружений новой промплощадки взамен существующих привело к истощению свободных за-

пасов и размещению основных запасов руд Восточного участка в предохранительных целиках под существующими промышленными сооружениями и рекой Кондома. В пределы зоны влияния горных работ на земной поверхности попадают



Рис. 1. План поверхности Восточного участка с положением границ зон сдвижения:

1 – 5 – разломы Холодный, Кондомский, Нагорный, Шахтерский лог, Диагональный соответственно; 6 – субмеридиональное тектоническое нарушение; 7 – 10 – границы зоны обрушения, зоны трещин, зоны опасных сдвижений и мульды сдвижения

практически все сооружения действующей промплощадки и река Кондома, причем большая часть этих сооружений находится уже в зоне опасных сдвижений (рис. 1), что требует не только инструментального контроля, но и диагностики их деформирования на основе выяв-

ленных закономерностей и особенностей сдвижения пород месторождения. Особенно актуально это для объектов I категории охраны: стволов «Северный» и «Ново-Капитальный».

Стволы «Северный» и «Ново-Капитальный» с сооружениями их надшахтных комплексов по-

пали в зону опасных сдвижений в результате отработки запасов Восточного участка месторождения системой разработки с обрушением руд и вмещающих пород. В 2011 г. начата отработка запасов слепых рудных тел Северо-Западного участка и северного торца Восточного участка технологией с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями под объектами железной дороги и г. Таштагол.

В настоящее время несмотря на значительные объемы горных разработок с закладкой выработанного пространства добыча руды системой разработки с обрушением в общей добыче по месторождению составляет большую часть. Этим обусловлено развитие процессов сдвижения и деформирования горных пород на всех отработываемых участках месторождения, где, однако, имеются свои особенности.

Эксплуатация стволов «Северный» и «Ново-Капитальный» с сооружениями их надшахтных комплексов осуществляется в условиях допустимых предельных деформаций, рекомендованных действующими в регионе «Указаниями по охране сооружений...» [1]. Эксплуатация охраняемых объектов при превышении допустимых величин обеспечивается систематическим инструментальным контролем деформирования земной поверхности и строительных конструкций зданий и сооружений согласно разрабатываемым мерам охраны [2].

Инструментальные наблюдения за сдвижением горных пород Таштагольского месторождения, исследования развития процессов сдвижения, выбор мер охраны, разработка рекомендаций и заключений проводятся Научно-исследовательским центром «Геомеханика» СибГИУ на основании лицензии на осуществление деятельности по производству маркшейдерских работ № ПМ-68-001801 от 26.08.2011 г.

Диагностика деформирования стволов «Северный» и «Ново-Капитальный» выполнена на основе исследований изменения сдвижений (рис. 2, 3) и деформаций стволов по глубине и во времени.

Установлены закономерности развития во времени смещений, наклонов и кривизны стволов; выявлена изменчивость векторов смещения стволов по их глубине на горизонтах шахты; определена траектория их смещения во времени и в пространстве; выполнена оценка их изменения с увеличением глубины горных разработок и фронта очистных работ по простиранию месторождения.

В результате выполненных исследований установлены некоторые особенности.

Максимальные смещения и деформации развиваются в стволе «Северный», что вполне закономерно в связи с более близким его расположением к выработанному пространству, чем ствол «Ново-Капитальный».

В 2018 г. смещение Северного ствола на гор. +450 м относительно гор. –280 м составило 798 мм и уменьшилось на 21 мм по сравнению с сентябрем 2017 г., когда оно достигало 816 мм и было максимальным за весь период эксплуатации ствола. Также обратные смещения наблюдали в период 2014 – 2015 гг. с максимальными скоростями смещений до 23 – 27 мм/год на гор. +450 ÷ +270 м. Следует отметить, что такой характер смещения ствола зафиксирован на всех горизонтах шахты, но только с разными скоростями, уменьшающимися с увеличением глубины ствола. Максимальные скорости смещения стенок ствола на гор. +450 м в направлении горных работ наблюдали в 2001 – 2002 гг. и составляли 68 мм/год. В 2002 – 2003 гг. были зафиксированы максимальные обратные смещения ствола в сторону нетронутого массива, которые на гор. +450 м достигали 53 мм, а в следующий период 2003 – 2004 гг. сменились вновь прямыми смещениями до 62 мм. Аналогичные процессы сдвижения наблюдаются как в горных породах, так и на земной поверхности.

Наклон Северного ствола на отдельных его участках между горизонтами шахты отличается существенной изменчивостью по глубине ствола, особенно на верхних горизонтах: +450 ÷ +210 м. В этаже +450 ÷ +390 м развивается максимальный наклон стенок ствола, который в 2018 г. составил 4,65 мм/м, а в 2017 г. достигал 4,75 мм/м при допустимой величине 5 мм/м. В этаже +330 ÷ +270 м вследствие близких величин смещений на гор. +330 и +270 м наблюдается минимальный наклон ствола, который в 2016 г. был близок к нулю. Следует отметить выправление наклона ствола на участке от гор. +210 до гор. –280 м, где он изменяется плавно, уменьшаясь с увеличением глубины ствола, и не вызывает его искривления.

На гор. +270 м развивается максимальная кривизна вогнутого характера, которая возникает в результате разнонаправленных наклонов в этажах +330 – +270 м и +270 ÷ +210 м и является обратной общему характеру деформирования ствола. Допустимый параметр кривизны не регламентируется нормативными документами, однако он отражает возможность осложнения работы клетьевого подъема на этом участке ствола.

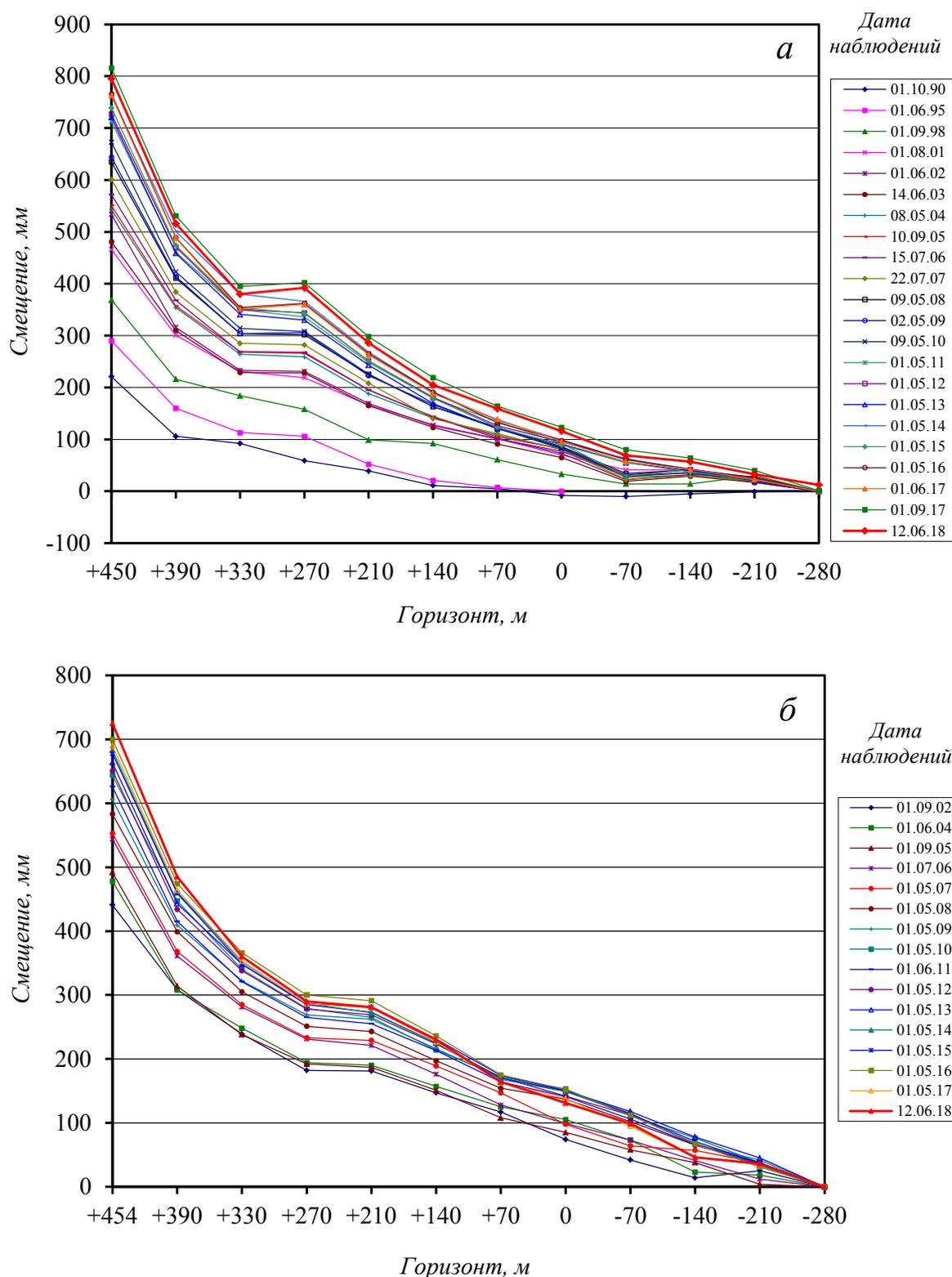


Рис. 2. Смещения стволов по горизонтам шахты в различные дни наблюдений:
 а – ствол «Северный»; б – ствол «Ново-Капитальный»

Смещение устья ствола «Ново-Капитальный» относительно гор. -280 м на отметке +454 м в 2018 г. достигло 725 мм и по сравнению с 2016 г. увеличилось на 25 мм. Максимальная скорость смещения ствола 52 мм/год зафиксирована в период 2005 – 2006 гг., однако в дальнейшем таких скоростей не наблюдали и не ожидается.

В развитии смещений ствола выделяются также периоды обратных смещений, когда смещение ствола как на земной поверхности, так и по горизонтам шахты уменьшалось. На верхних горизонтах это наблюдали в 2011 и 2015 гг., когда обратные смещения достигали 32 мм на гор. +390 м.

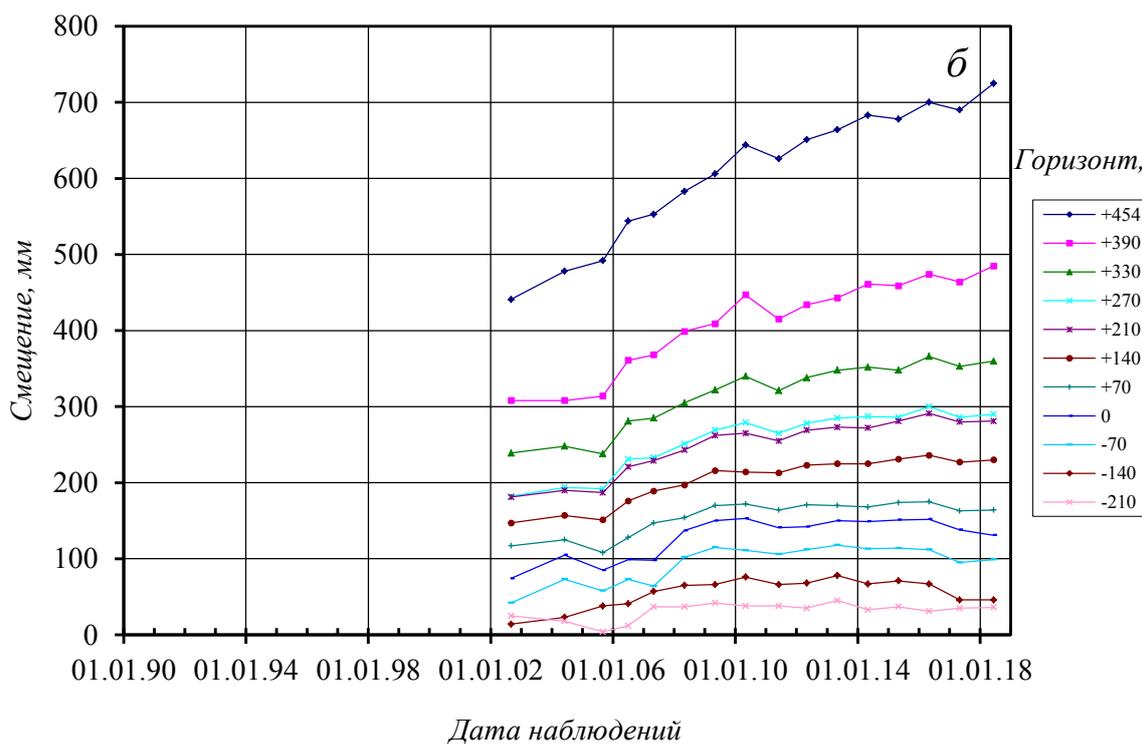
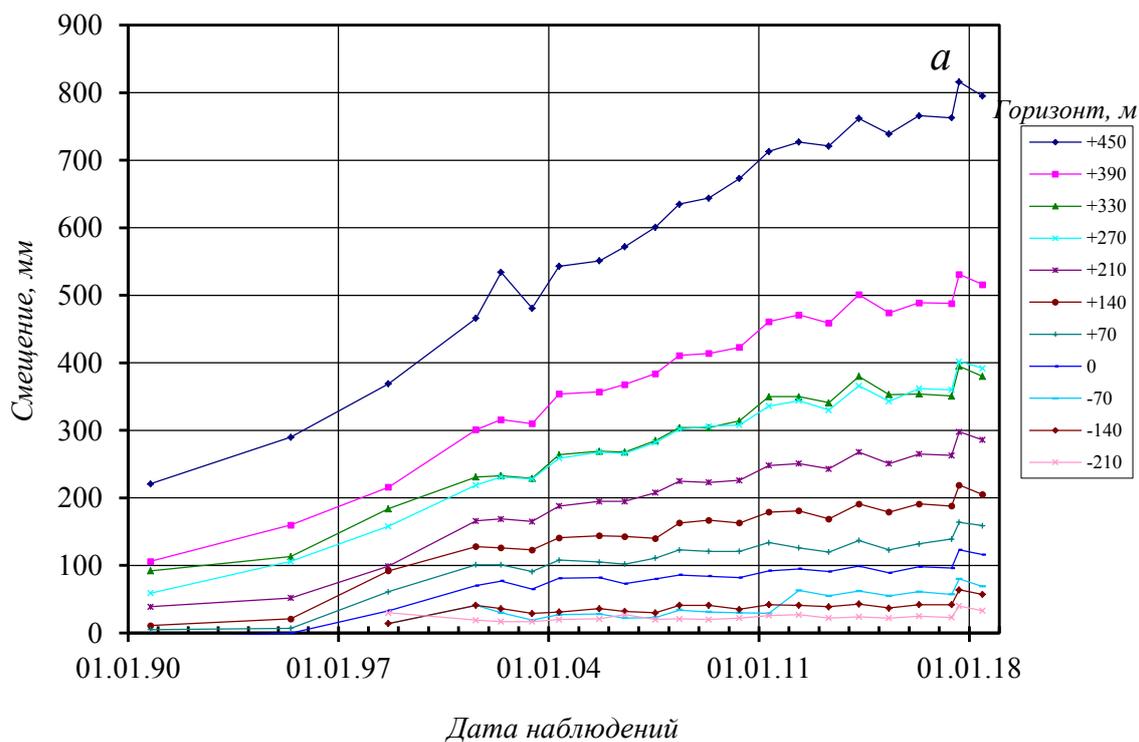


Рис. 3. Развитие во времени смещений стволов на горизонтах шахты
 а – ствол «Северный»; б – ствол «Ново-Капитальный»

Средний наклон ствола, равный 0,99 мм/м, составляет около 50 % от допустимой величины 2 мм/м и во времени изменяется незначительно. Наклон ствола на отдельных его участках между горизонтами шахты отличается существенной изменчивостью по глубине ствола. Максимальный наклон ствола наблюдается в этаже +450 ÷ +390 м и в 2018 г. составил 3,75 мм/м при до-

пустимой величине наклона 5 мм/м. На верхних горизонтах от устья ствола до гор. +270 м происходит уменьшение смещения стенок ствола и уменьшается наклон, который в этаже +270 ÷ +210 м в 2016 г. был близок к нулю. Ниже гор. +210 м наклон вновь начинает расти, но изменяется незначительно.

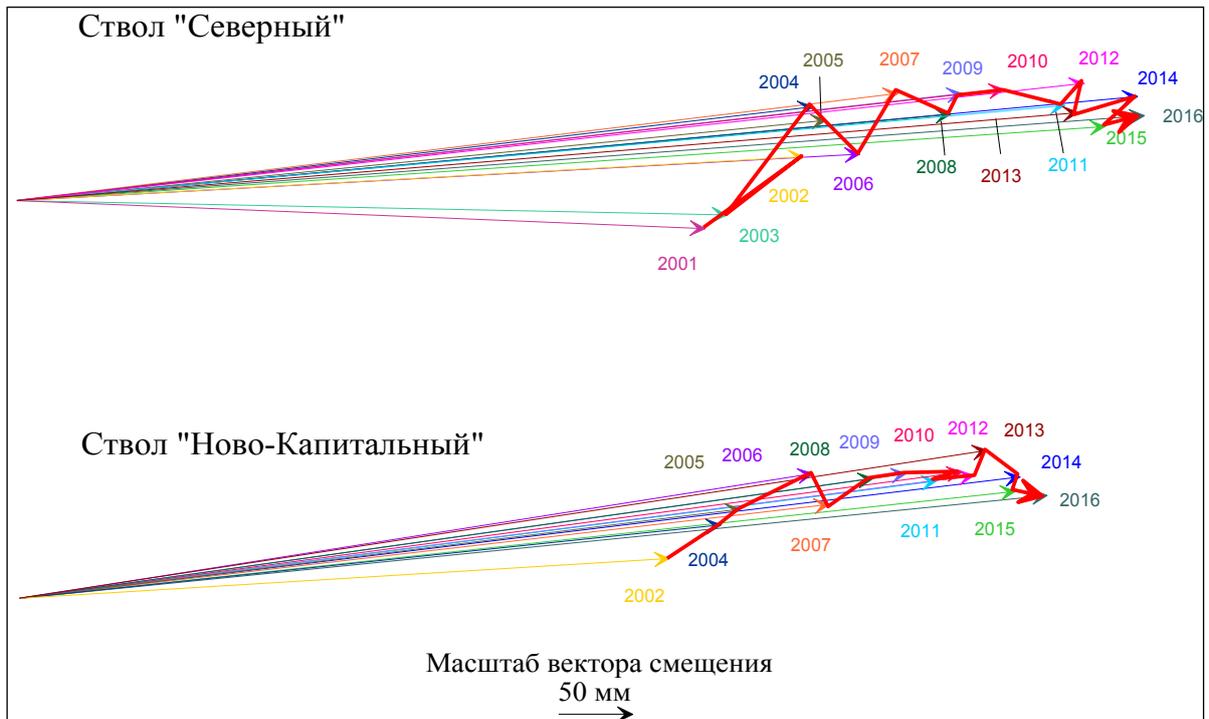


Рис. 4. Векторы максимальных смещений стволов на гор. +450 м

В соответствии с изменением наклонов изменяется и кривизна ствола, максимальные величины которой наблюдаются от земной поверхности до гор. +210 м. Допустимый параметр кривизны не регламентируется нормативными документами, однако он отражает возможность осложнения работы подъемных сосудов (в данном стволе – клетки и скипов).

Векторы смещения стволов как на земной поверхности (гор. +450 м), так и на горизонтах шахты в одни и те же периоды наблюдений существенно отличаются по своей ориентации относительно фронта очистных работ (рис. 4, 5), а траектория движения по горизонтам отражает существенную искривленность стволов.

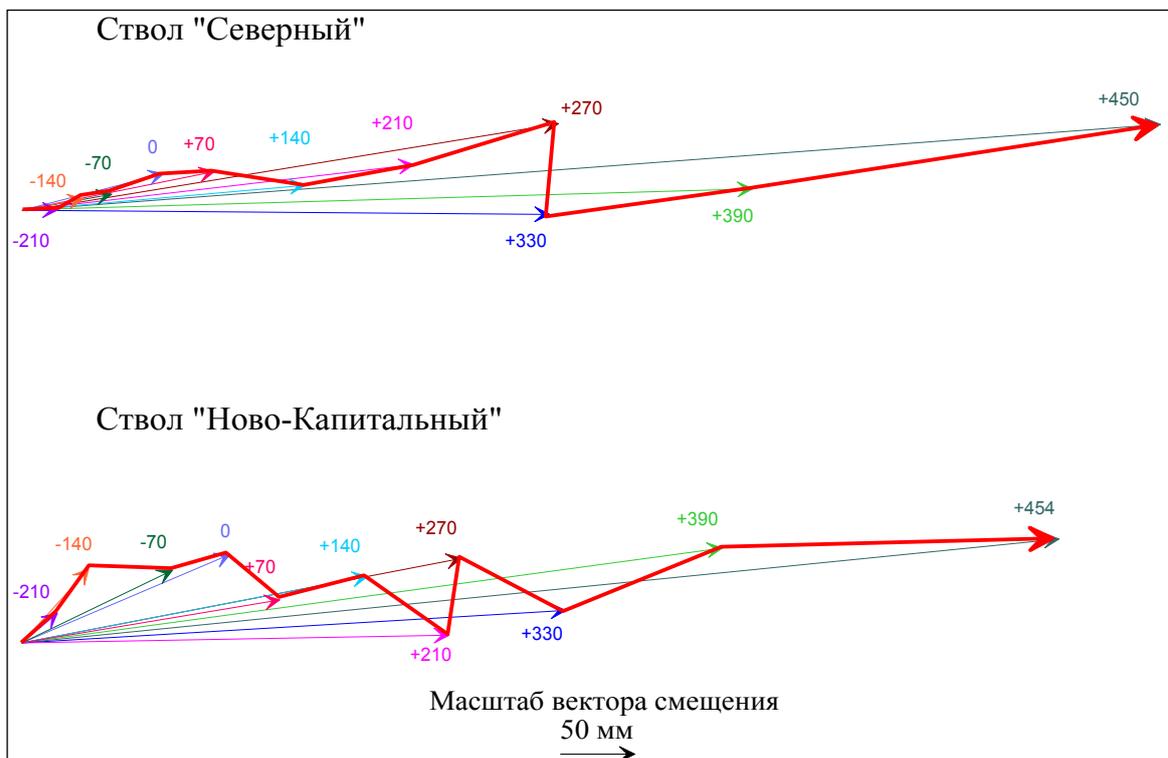


Рис. 5. Векторы смещения стволов по горизонтам шахты $-210 \div +454$ м

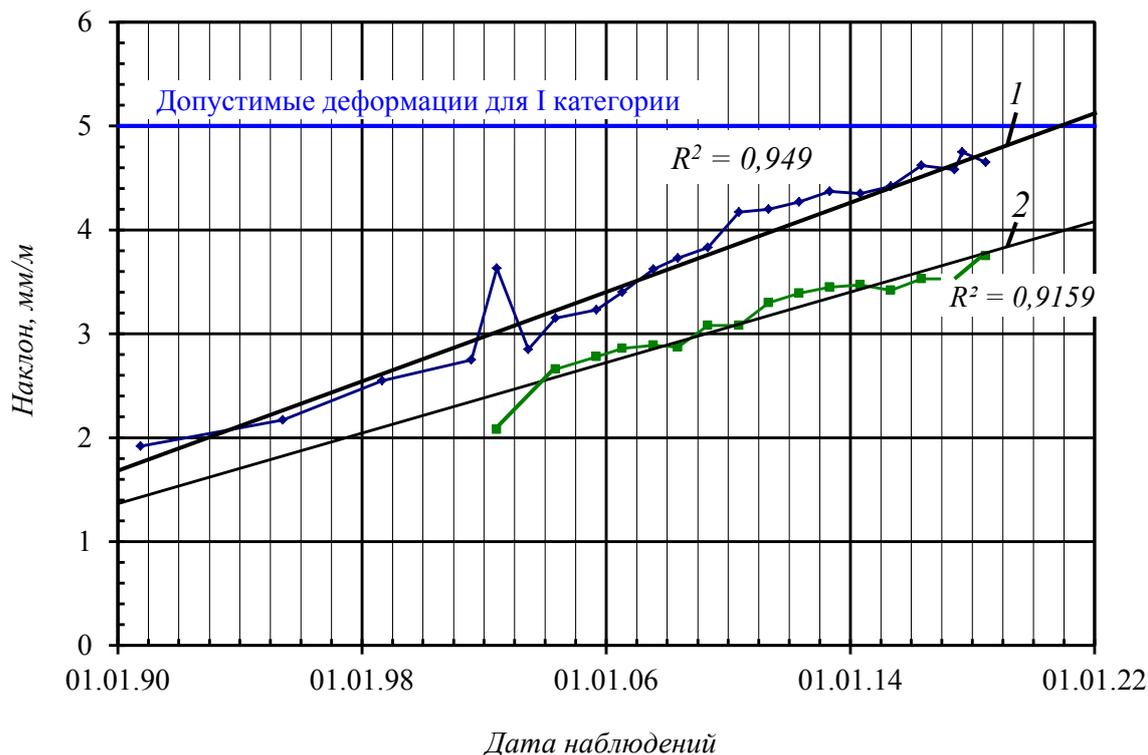


Рис. 6. Максимальные наклоны стволов "Северный" (1) и "Ново-Капитальный" (2) в этаже +390 ÷ +450 м

В последние годы несмотря на увеличение концентрации очистных работ системами с обрушением руд и вмещающих пород на северном фланге Восточного участка закономерного направления вектора смещения стволов в сторону выработанного пространства не наблюдается. Это говорит о том, что на смещение и деформирование стволов Таштагольской шахты влияют не только горные разработки, но и другие факторы. В первую очередь это изменение действующего в районе месторождения поля напряжений, которое происходит как под влиянием техногенных, так и природных факторов.

Характер изменения во времени смещения стволов на гор. +450 м и горизонтальных сдвижений реперов профильных линий «Шх. Северная» и «Западная» в районе стволов близок. В последние годы и в стволах, и на земной поверхности наблюдается снижение скоростей сдвижений, что обусловлено сокращением количества массовых взрывов и их мощности, а также в целом снижением объемов добычи системой разработки с обрушением руд и вмещающих пород по Восточному участку месторождения. Исходя из того, что объемы добычи на Восточном участке системой с обрушением в 2018 – 2019 гг. планируются на уровне 2015 – 2017 гг., а в последующем будут снижаться, не ожидается увеличения скоростей сдвижений и деформаций в районе стволов.

Развитие смещений и деформаций стволов во времени описывается линейным законом. Закономерное изменение смещений во времени с высокими (0,80 – 0,99) коэффициентами корреляции выявленных зависимостей установлено практически на всех горизонтах шахты. Достоверность закономерностей развития во времени наклонов и кривизны ниже и установлена только на верхних горизонтах, где наблюдаются максимальные деформации. Однако этого вполне достаточно для определения ожидаемых деформаций при дальнейшей эксплуатации стволов.

Максимальный наклон стволов «Северный» и «Ново-Капитальный» в этаже +450 ÷ +390 м изменяется во времени плавно и описывается линейным законом развития деформаций во времени с коэффициентами детерминации 0,916 – 0,949 (рис. 6) или коэффициентами корреляции 0,96 – 0,97.

В связи с наличием большого количества коммуникаций в стволе «Северный» эксплуатация его за пределами допустимых наклонов на отдельных участках ствола, равных 5 мм/м [1], вероятнее всего, будет затруднена. Поэтому следует ориентироваться на эксплуатацию ствола как объекта I категории охраны при фактических максимальных наклонах ствола в этаже +390 ÷ +450 м до уровня допустимых деформаций, достижение которых ожидается в конце 2020 г.

Эксплуатация ствола «Ново-Капитальный» также может быть ограничена 2020 г. по условию достижения допустимого наклона оси вала клетевой подъемной машины и допустимых деформаций растяжения для здания подъемных машин.

Для обеспечения безопасной эксплуатации стволов, их армировки и коммуникаций в стволах при достигнутых и ожидаемых деформациях разработан комплекс наблюдений и мероприятий (см. таблицу).

Периодичность инструментальных и визуальных наблюдений определяется состоянием подрабатываемого объекта, уровнем фактических сдвижений и деформаций, их соотношением с допустимыми и предельными деформациями, скоростями роста деформаций.

В процессе дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений стволов «Северный» и «Ново-Капитальный» при приближении фактических деформаций земной поверхности к предельным рекомендуется проводить ежемесячные контрольные наблюдения [3] по станциям ственных реперов внутри зданий.

Наблюдения за сдвижением земной поверхности, деформированием зданий и сооружений должны производиться в соответствии с «Инструкцией по наблюдениям за сдвижением...» [4] и соответствовать требованиям «Указаний по охране сооружений...» [1] и «Методических указаний по применению конструктивных мер защиты...» [3].

Опыт эксплуатации шахтных стволов Таштагольского рудника [2, 5, 6], а также развитие деформационных процессов земной поверхности в последние годы показывает, что для безопасной

эксплуатации подрабатываемых объектов необходимым условием является соблюдение следующих мероприятий:

1 – проведение контрольных инструментальных наблюдений за сдвижением горных пород месторождения и деформированием охраняемых сооружений, выполняемых специализированной организацией, которая имеет лицензию на производство маркшейдерских работ, совместно с маркшейдерской службой шахты;

2 – оперативный контроль за состоянием подрабатываемых зданий и сооружений и своевременное проведение их текущих ремонтов для поддержания в работоспособном состоянии;

3 – своевременное проведение экспертизы промышленной безопасности подрабатываемых объектов;

4 – исследование развития процессов сдвижения земной поверхности и деформирования сооружений во времени, выполняемые специализированной организацией, которая имеет лицензию на производство маркшейдерских работ, с анализом полученных данных, оценкой уровня достигнутых величин, определения закономерностей деформирования подрабатываемых сооружений и расчетом ожидаемых деформаций и предельных параметров безопасной эксплуатации зданий и сооружений;

5 – определение вертикальности (наклона) стволов специализированной организацией согласно разработанной Программе наблюдений;

6 – ежесуточный оперативный контроль за состоянием крепи и армировки стволов и их своевременный текущий ремонт;

7 – проведение ежегодного капитального ремонта крепи и армировки стволов;

Программа наблюдений

Вид наблюдений		Срок выполнения	Ответственный за выполнение
1	Инструментальные наблюдения по всем профильным линиям наземной наблюдательной станции, специальным наблюдательным станциям в районах подрабатываемых объектов и подземным наблюдательным станциям в главных выработках шахты на участках «Восточный» и «Северо-Западный»	Один раз в год	НИЦ «Геомеханика» СибГИУ по договору с АО «Евразруда»
2	По подрабатываемым объектам		
2.1	Ствол «Северный»		
	1) инструментальные наблюдения по характерным реперам профильной линии «Шх. Северная» и сетевой станции реперов вокруг сооружений ствола «Северный» на поверхности	Три раза в год в весенне-осенний период (май, июль, сентябрь)	НИЦ «Геомеханика» СибГИУ по договору с АО «Евразруда»
	2) инструментальные наблюдения по ственным реперам в зданиях вентустановки и подъемной машины с привязкой к реперам линии «Шх. Северная»	Два раза в год (май, сентябрь)	Главный маркшейдер шахты
	3) проверка наклона ствола	Два раза в год	Главный маркшейдер шахты

Вид наблюдений		Срок выполнения	Ответственный за выполнение
	4) проверка геометрических элементов подъемного комплекса	Один раз в год	Главный маркшейдер шахты
	5) проверка наклона копра	Три раза в год в весенне-осенний период (май, июль, сентябрь)	Главный маркшейдер шахты
	6) осмотр крепи и армировки ствола	Один раз в месяц	Главный инженер шахты
	7) осмотр и контроль состояния армировки и бетонной крепи с регистрацией результатов осмотра в специальном журнале работниками участка подъемов шахты	Ежедневно	Главный инженер шахты
	8) замер «маяков», закрепленных на трещинах в зданиях вентустановки и подъемной машины с регистрацией в специальном журнале	Два раза в год	Начальники участков № 18 и №1 2 шахты
2.2	Ствол «Ново-Капитальный»		
	1) инструментальные наблюдения по характерным реперам профильной линии "Западная" и сетевой станции реперов вокруг сооружений ствола "Ново-Капитальный"	Три раза в год в весенне-осенний период (май, июль, сентябрь)	НИЦ «Геомеханика» СибГИУ по договору с АО «Евразруда»
	2) инструментальные наблюдения по наружным стенным реперам в здании подъемных машин	Два раза в год (май, сентябрь)	Главный маркшейдер шахты
	3) инструментальные наблюдения по стенным реперам внутри здания подъемных машин	Ежеквартально	Главный маркшейдер шахты
	4) проверка наклона ствола	Два раза в год	Главный маркшейдер шахты
	5) проверка геометрических элементов подъемного комплекса	Один раз в год	Главный маркшейдер шахты
	6) проверка наклона копра	Три раза в год в весенне-осенний период (май, июль, сентябрь)	Главный маркшейдер шахты
	7) осмотр крепи и армировки ствола	Один раз в месяц	Главный инженер шахты
	8) осмотр и контроль состояния армировки и бетонной крепи с регистрацией результатов осмотра в специальном журнале специально назначенными работниками участка подъемов шахты	Ежедневно	Главный инженер шахты
	9) замер «маяков», закрепленных на трещинах в здании подъемных машины с регистрацией в специальном журнале	Два раза в год	Начальник участка № 12 шахты
3	Комиссионное обследование состояния зданий и несущих конструкций подрабатываемых объектов	Два раза в год в весенне-осенний период	Главный инженер шахты. Ведущий инженер отдела ремонта и капитального строительства
4	Рассмотрение результатов всего комплекса наблюдений после их обработки и оценки в НИЦ «Геомеханика» СибГИУ	Один раз в год	При главном инженере шахты с участием НИЦ «Геомеханика» СибГИУ

8 – согласование условий эксплуатации подрабатываемых объектов на год в Ростехнадзоре при рассмотрении Программы развития горных работ Таштагольской шахты на следующий год;

9 – оперативное реагирование на ход деформационных процессов земной поверхности в районе охраняемых объектов и принятие решений вплоть до остановки отработки запасов руды с применением технологии с массовым обрушением и пре-

ращения эксплуатации зданий или сооружений по их назначению.

Выводы. В работе проведены мониторинг процессов сдвижения и деформирования земной поверхности в районах охраняемых и подрабатываемых сооружений; изучены закономерности деформирования сооружений действующей промплощадки в процессе отработки запасов; проведены анализ и прогноз изменения параметров деформирования во времени; дана оценка уровня накоп-