

УДК: 622.831

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНОЙ ЗОНЫ ТАЛДИНСКОГО МЕТАНОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Савков Е.Д.^{1,2}, стажер маркшейдера, студент гр. ГМс-241, II курс

Научный руководитель: Смирнова А.Д.², ассистент кафедры

маркшейдерского дела и геологии,

¹ООО «Газпром добыча Кузнецк»,

²Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Кузнецкий каменноугольный бассейн (Кузбасс) является крупнейшей угледобывающей базой России, где природное богатство соседствует с высокими геологическими рисками. В настоящее время годовая добыча угля в регионе превышает 150 млн т, а в отдельные периоды достигает 210 млн т [1]. При этом более 80 % общероссийской добычи коксующегося угля обеспечивается предприятиями Кузбасса. Суммарные запасы угля в бассейне превышают 30 млрд т, включая наиболее востребованные марки.

Масштабное освоение угольных месторождений Кузбасса сопровождается изменением напряженно-деформированного состояния массива горных пород и формированием участков, потенциально подверженных развитию опасных геомеханических процессов. В условиях эксплуатации объектов, связанных с добычей угля, особую значимость приобретают вопросы промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО). В соответствии с положениями Федерального закона от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2] опасные зоны в пределах таких объектов характеризуются наличием природных и техногенных факторов, воздействие которых может привести к аварийному состоянию объекта, создающему угрозу жизни и здоровью людей, ущерб имуществу и негативное воздействие на окружающую среду.

Для предприятий Кузбасса эта задача имеет особую актуальность, поскольку ведение горных работ осуществляется в сложных горно-геологических и газодинамических условиях, включая высокое горное давление, удароопасность и газообильность угольных пластов. В этой связи своевременное выявление деформационных проявлений, способных повлиять на устойчивость площадок скважин и прилегающих элементов производственной инфраструктуры, является необходимым условием безопасной эксплуатации объекта.

При этом инструментальный маркшейдерский контроль опасных зон выполняет функцию одного из ключевых элементов производственного контроля, обеспечивая получение достоверных данных о динамике смещений,

оценку текущего состояния массива и раннее выявление признаков развития неблагоприятных геомеханических процессов.

Обозначенные требования к контролю опасных зон в равной степени относятся и к объектам освоения метаноугольных месторождений, в пределах которых изменение геомеханического состояния массива под влиянием техногенных факторов может приводить к развитию деформационных процессов аварийного характера. Характерным примером является Талдинское метаноугольное месторождение, введенное в эксплуатацию в 2009 году. В апреле 2020 года на площадке скважин № 9 и № 10 были зарегистрированы интенсивные деформации массива со скоростью оползневого смещения более 2 м/сут (рисунок 1), что потребовало немедленного прекращения эксплуатации скважин, заглушения их устьев и усиления контроля газовой среды.



Рисунок 1 – Визуально наблюдаемые изменения опасной зоны по состоянию на 16.04.2020 (слева) и 20.04.2020 (справа)

Целью работы является анализ результатов контроля вертикальных смещений в опасной зоне Талдинского метаноугольного месторождения в пределах расположения устьев скважин № 9 и № 10 на основе визуальных и инструментальных маркшейдерских наблюдений за период 2024-2025 гг.

После аварийных деформаций 2020 года на участке был организован систематический мониторинг, поскольку характер развития деформационного процесса указывал на формирование опасной зоны, требующей постоянного контроля в целях обеспечения промышленной безопасности объекта. Система наблюдений включает визуальные осмотры верхней бровки уступа и площадки

скважин с регистрацией результатов в журнале, а также инструментальные маркшейдерские измерения, выполняемые с квартальной периодичностью.

Основным элементом мониторинга является контроль высотного положения реперов, определяемого с использованием высокоточного электронного тахеометра. Вертикальные смещения (осадка) реперов пределах площадки устьев скважин рассматриваются как один из наиболее информативных показателей изменения геомеханического состояния массива. Оценка динамики смещений производится путем сопоставления результатов последовательных циклов наблюдений, что критически важно для прогноза устойчивости устьев скважин и бортов уступа. При этом даже незначительные вертикальные смещения могут служить индикатором активизации геомеханических процессов.

Анализ результатов инструментальных наблюдений позволяет определить осадку реперов и количественно оценить динамику деформационных процессов. Результаты инструментальных маркшейдерских наблюдений за изменением высотных отметок реперов и фактические высотные отклонения за рассматриваемый период времени приведены в таблице.

Таблица – Результаты наблюдений и высотные отклонения реперов в опасной зоне Талдинского метаноугольного месторождения

№ репера	Дата проведения съемки							Высотное отклонение
	22.07.24	07.11.24	12.12.24	03.02.25	01.04.25	24.06.25	11.11.25	
1	272,440	272,376	272,349	272,314	272,285	272,266	272,216	-0,244
2	272,991	272,789	272,742	272,704	272,680	272,667	272,650	-0,341
3	273,222	273,162	273,137	273,103	273,066	273,036	272,971	-0,251
4	273,710	273,582	273,547	273,510	273,473	273,444	273,339	-0,371
5	273,211	273,088	273,053	273,011	272,981	272,953	272,848	-0,363
6	274,224	274,094	274,052	274,004	273,970	273,941	273,823	-0,401
7	273,400	273,300	273,259	273,209	273,169	273,134	273,036	-0,364
8	274,657	274,565	274,532	274,492	274,455	274,421	274,327	-0,330
9	273,763	273,711	273,701	273,678	273,652	273,630	273,598	-0,165
10	274,269	274,268	274,267	274,267	274,259	274,256	274,251	-0,018

Установлено, что все реперы, за исключением репера № 10, демонстрируют выраженную тенденцию к снижению высотных отметок. Такое распределение вертикальных смещений свидетельствует о пространственной неоднородности деформаций и позволяет выделить участки с различной степенью геомеханической активности.

Для количественной характеристики интенсивности деформационных процессов были рассчитаны средние скорости вертикальных смещений реперов как отношение величины смещения к интервалу времени между смещениями. График изменения средних скоростей вертикальных смещений по циклам наблюдений представлен на рисунке 2.

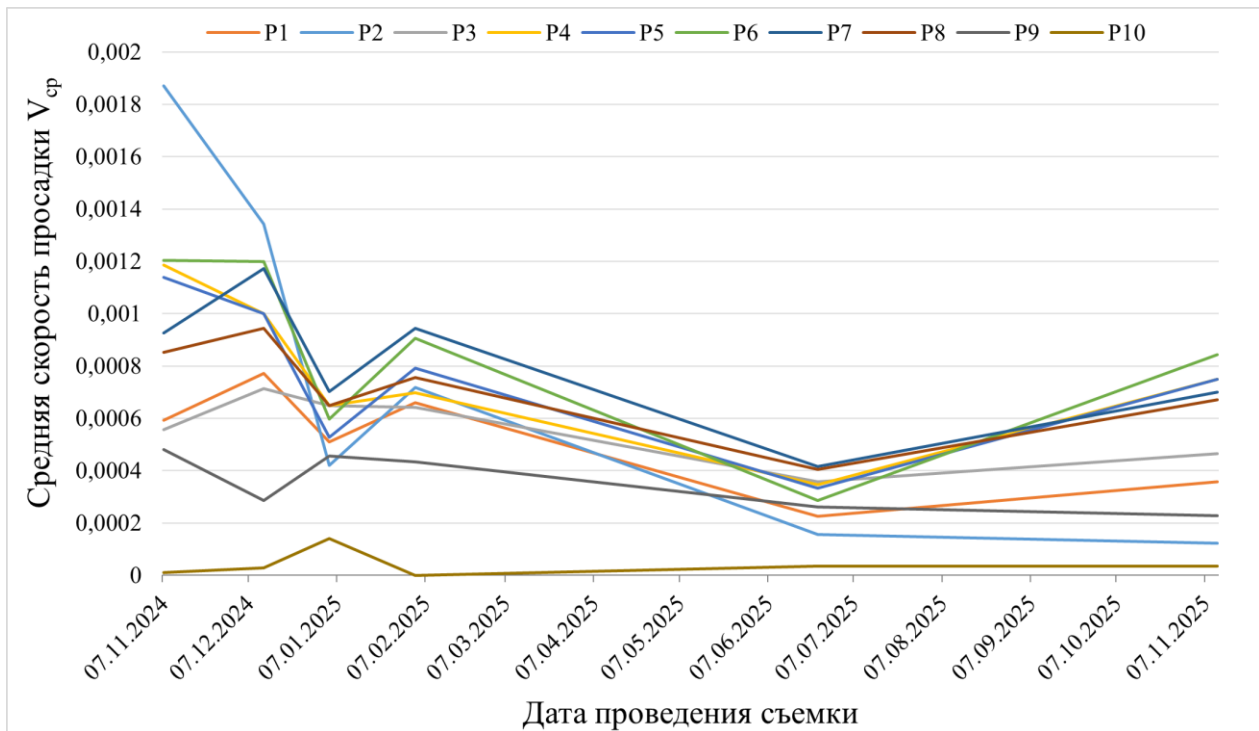


Рисунок 2 – Динамика изменения средних скоростей вертикальных смещений реперов в пределах опасной зоны

Как следует из рисунка, наибольшие значения средних скоростей вертикального смещения $V_{ср}$ установлены для реперов № 2, № 4, № 6 и № 7, где данный показатель составляет 0,00077-0,00084 м/сут. Указанные реперы закреплены в наиболее напряженной в геомеханическом отношении части наблюдаемого участка, расположенной вблизи устьев скважин и в пределах зоны, где ранее были зафиксированы интенсивные деформационные проявления. Характер изменения кривых на графике показывает, что именно для этих реперов в течение рассматриваемого периода сохраняется повышенный уровень скоростей вертикальных смещений по сравнению с остальными пунктами наблюдений, что свидетельствует о продолжающемся развитии остаточных деформационных процессов на локальных участках опасной зоны.

В то же время минимальные значения $V_{ср}$ характерны для реперов № 9 и № 10. Пониженный уровень скоростей вертикального смещения на этих пунктах указывает на существенно меньшую интенсивность вертикальных деформаций, что может быть связано с их положением на периферийных участках опасной зоны, в меньшей степени вовлеченных в активный деформационный процесс.

Дополнительно следует отметить, что динамика кривых по большинству реперов характеризуется общим снижением скоростей вертикального смещения по сравнению с начальными этапами рассматриваемого периода, что может свидетельствовать о постепенном затухании интенсивности деформационного процесса. Однако, последующий рост значений по отдельным реперам, прежде всего № 6 и № 7, указывает на сохранение локальной активности массива и незавершенность деформационных процессов. В этой связи полученные

данные следует рассматривать как подтверждение необходимости дальнейшего маркшейдерского контроля участка, ориентированного на своевременное выявление возможной активизации опасной зоны.

По результатам обработки данных наблюдений определено общее среднее значение скорости вертикального смещения по всей реперной сети наблюдаемого участка. Средняя по площадке скважин величина, рассчитанная как среднее арифметическое значений $V_{\text{ср}}$ для десяти реперов, составила 0,000614 м/сут.

Таким образом, комплексный подход, сочетающий визуальный контроль и высокоточные инструментальные геодезические измерения, обеспечил надежную основу для количественной оценки состояния массива горных пород и своевременного выявления негативных тенденций. Результаты инструментальных измерений, выполненных показывают, что после аварийных деформаций 2020 года на участке сохраняются остаточные вертикальные смещения локального характера. В целом полученные значения средних скоростей вертикальных смещений не превышают опасных значений, установленных мероприятиями по охране объекта от воздействия деформационных явлений, что подтверждает эффективность принятых мер по консервации скважин и организации систематического мониторинга.

Вместе с тем выявленная пространственная неоднородность скоростей вертикального смещения подтверждает необходимость дальнейшего систематического маркшейдерского контроля, прежде всего на наиболее активных участках в центральной части зоны наблюдений. Участки с повышенными скоростями требуют сохранения ежеквартальной периодичности инструментальных наблюдений, тогда как стабильные зоны могут наблюдаться с меньшей частотой.

Список литературы:

1. Министерство угольной промышленности Кузбасса [Электронный ресурс]. URL: <https://murk42.ru/ru> (дата обращения 30.03.2026).
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изменениями и дополнениями). – Текст: электронный // Гарант: справочно-правовая система: сайт. – URL: <https://base.garant.ru/11900785/> (дата обращения: 30.03.2026).