

**Ожигин Дмитрий Сергеевич**, доктор PhD, доцент,  
Карагандинский технический университет имени  
Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

**Казанцева Виктория Владимировна**, преподаватель,  
Карагандинский технический университет имени  
Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

**Мазалевский Николай Сергеевич**, магистрант,  
Карагандинский технический университет имени  
Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

**Старостина Ольга Васильевна**, к.т.н., доцент,  
кафедра Маркшейдерского дела и геодезии  
Карагандинский технический университет имени  
Абылкаса Сагинова, г. Караганда, Казахстан

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ОТКОСОВ НА РАЗРЕЗЕ «ЭКОЛОГ»**

**Аннотация:** Геомеханический мониторинг состояния прибортовых массивов на карьерах направлен на обеспечение эффективности и безопасности ведения горных работ. Основная задача мониторинга заключается в контроле надежности принятых проектных параметров в процессе эксплуатации месторождения и их корректировки при возникновении рисков.

**Ключевые слова:** Геомеханический мониторинг, прибортовые массивы, горные работы, маркшейдерские наблюдения, угольный пласт.

Мониторинг состояния и обеспечение устойчивости карьерных откосов являются важными задачами для эффективного и безопасного ведения горных работ. Организация геомеханического мониторинга карьерных откосов включает в себя: маркшейдерские инструментальные наблюдения за состоянием откосов; исследования инженерно-геологических условий месторождений, характеристик и свойств горных пород; изучение структурно-тектонических особенностей массива; оценку и прогноз происходящих геомеханических процессов; разработку рекомендаций по оперативному изменению параметров бортов карьера и технологических схем отвалообразования [1].

Маркшейдерско-геодезические наблюдения за состоянием карьерных откосов являются основой для изучения причин их деформаций. Анализ результатов наблюдений служит неисчерпаемым источником для научных исследований, оценок и прогнозов [2].

Актуальность проводимых исследований определяется повышением эффективности и безопасности разработки разреза «Эколог» на основе контроля за состоянием устойчивости прибортовых массивов разреза.

Участок открытой отработки территориально расположен в городе Караганде (Республика Казахстан), на территории бывших шахт № 17, 26. Поля бывших шахт № 17, 26 находятся в восточном крыле Промышленного участка Карагандинского угольного бассейна (рисунок 1).



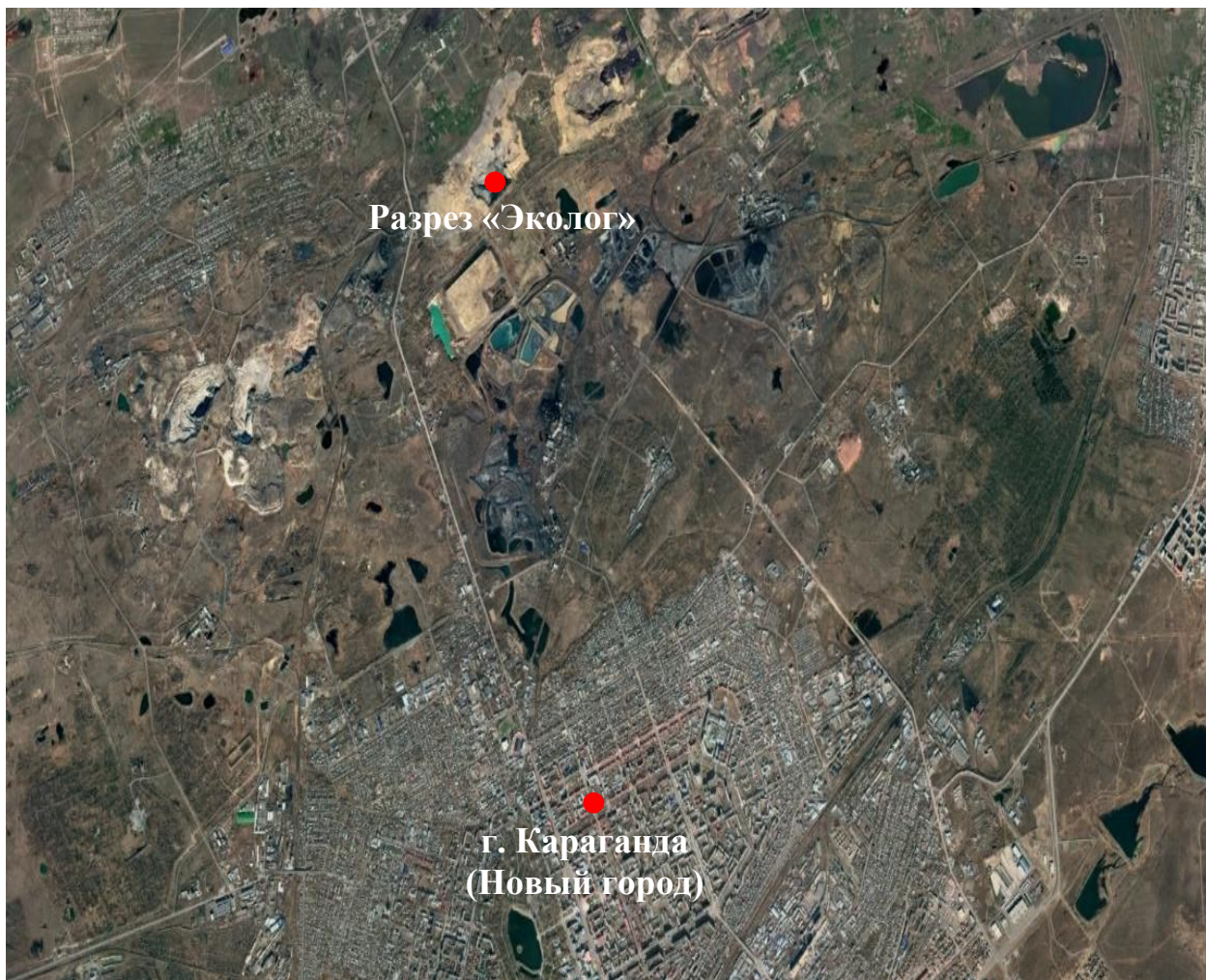


Рис. 1 – Обзорная схема расположения разреза «Эколог»

В геологическом строении поля участка участвуют породы карбонового, юрского, неогенового и четвертичного возрастов. Карбоновые отложения представлены карагандинской и низами надкарагандинской свит.

Разрез «Эколог» отрабатывает К10 и К12, частично отработанные подземными горными работами в середине прошлого века (Карагандинская свита). Залегание угольных пластов К10 и К12 в границах участка – наклонное до 15°.

Характеристика угольных пластов К10, К12 по полю шахт №№ 17, 26 приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика угольных пластов К10, К12 по полю шахт № 17, 26

Наименование	Показатели	
	К10	К12
1. Строение пласта	сложное	
2. Выдержанность мощности пласта	выдержанный	
3. Угол падения, градус	до 15	
4. Мощность пласта полная, м	3,78	8,50
5. Мощность пласта полезная, м	3,56	7,28
6. Мощность вынимаемая, м	3,60	7,00
7. Мощность породных прослоев, м	<b>22</b>	0,11
8. Объемная масса по угольным пачкам, т/м <sup>3</sup>	1,44	1,46
9. Объемная масса с учетом засорения, т/м <sup>3</sup>	1,49	1,47



Угольный пласт К10 имеет сложное строение, в границах участка относится к выдержанным. Общая мощность пласта составляет 3,75 м, состоит из двух угольных пачек, разделенных породным прослоем мощностью 0,25 – 0,96 м. Верхняя часть пласта, мощностью 0,18 м, представлена матовым углем и определена как нерабочая. Нижняя часть пласта мощностью 3,60 м делится на два слоя, различных по мощности и качеству угля.

Пласт К12 – самый мощный в бассейне (от 8 до 11 м), также характеризуется сложным строением. Выделяют два слоя, различных по качеству. Верхний слой (К12В.С.) характеризуется большей засоренностью внутрипластовыми породными прослоями и зольностью, чем нижний. Между верхним и нижним слоями имеется породный прослой (0,7 – 1,0 м). Нижний слой пласта (К12Н.С.) малозольный и представлен 6 – 8 угольными пачками. Его засоренность составляет около 3%. Средняя мощность пласта К12 составляет около 8,5 м.

Непосредственная кровля и почва угольных пластов представлены слабыми аргиллитами, склонными к пучению при увлажнении почвы и к вывалам пород кровли. Прочность пород на сжатие не превышает 12 – 15 МПа. Основная кровля сложена переслаиванием алевролитов, песчаников и аргиллитов.

Пласты К10, К12 склонны к самовозгоранию, пожароопасны.

горно-геологические условия залегания пластов К10, К12 на участке позволяют вести его отработку открытым способом. Добычу угля предполагается вести до глубины 62 м (отм. +498,0 м).

Гидрогеологические условия участка весьма простые и благоприятные. Водовмещающими породами угленосной свиты являются песчаники и угольные пласты. Аргиллиты – практически водонепроницаемые.

Подземные воды обычно развиты в верхней (до 60 – 80 м) зоне трещиноватости и расслоенности пород, представленных чередованием алевролитов и аргиллитов. Породы характеризуются низкой водоносностью, коэффициент фильтрации 0,001 – 0,008 м/сут, для угольных пластов 0,01 – 0,02 м/сут. Горизонты практически осушены в результате многолетнего шахтного водоотлива. Максимально возможный водоприток может достигать 5-6 м<sup>3</sup>/час. Кайнозойские отложения из-за малой мощности и глинистого состава могут аккумулировать лишь незначительные объемы подземных вод. Ведение открытых горных работ по гидрогеологическим условиям может осложняться в период возможных ливневых дождей, а также во время паводкового периода, однако, наличие погашенных подземных горных выработок позволяет предполагать, что вода дренирует в выработанное пространство на нижележащие горизонты.

Мониторинг состояния прибортового массива.

Основные требования к производству инструментальных наблюдений за состоянием устойчивости карьерных откосов представлены в инструкции ВНИМИ [3] и методических указаниях [4].

Инструментальный маркшейдерско-геодезический контроль состояния карьерных откосов выполняется путем создания сети наблюдательных станций, заложенных в виде профильных линий реперов, и производства высокоточных инструментальных наблюдений по ним. Профильные линии наблюдательных станций закладываются в прибортовой полосе, на бермах уступов или на отвалах, перпендикулярно верхней бровке разреза (откосу яруса отвала) на наиболее неблагоприятных по устойчивости участках разреза. Определение мест заложения наблюдательных станций должно основываться на анализе геомеханической обстановки и, в первую очередь, на потенциально опасных с точки зрения устойчивости участках борта разреза [4, 5].

Выбор мест заложения наблюдательных станций выполнен в соответствии с проектом [6] на основании анализа горно-геологических условий разработки месторождения, состояния прибортовых массивов разреза, современного состояния и перспектив развития горных работ.

Расположение наблюдательных станций для геомеханического исследования откосов уступов, бортов разреза «Эколог» и отвалов принято на участках, где фактически наблюдались деформации откосов и имеется наибольшая вероятность развития новых деформационных процессов [5].





Станция I заложена на северо-восточном борту разреза (гор. +540/ +560 м) в районе выходов угольных пластов под наносы и состоит из двух профильных линий, включающих 3 опорных и 10 рабочих реперов.

Станция II заложена на юго-западном борту разреза, на участке с наиболее крутыми параметрами борта (гор.+550/+548 м). Станция включает 2 опорных и 4 рабочих репера.

Схема расположения наблюдательных станций приведена на рисунке 2.



**Рис. 2 – Схема расположения наблюдательных станций на разрезе**

Инструментальные наблюдения на станциях заключаются в определении положения рабочих реперов в пространстве на данный момент времени с применением роботизированного электронного тахеометра Leica TS 16 (рисунок 3).

Для каждой из наблюдательных станций на разрезе «Эколог» определены схемы привязки и ориентирования опорных и связующих реперов профильных линий, позволяющие при производстве наблюдений быстро и безошибочно находить исходные пункты и придерживаться единой системы ориентирования в разных сериях наблюдений.

В соответствии с нормативными документами [4, 5] периодичность наблюдений за смещениями реперов наблюдательных станций – не реже чем 2 раза в год.





**Рис. 3 – Тахеометр Leica TS16**

Результаты инструментальных наблюдений в комплексе с инженерно-геологическими и гидрогеологическими исследованиями в процессе эксплуатации месторождения дают возможность установить характер деформаций и спрогнозировать развитие их во времени и пространстве, что в свою очередь позволяет наметить мероприятия по устранению их причин.

Анализ результатов.

1. В районе станции I по профилю I-V имеется локальная деформация в виде оползня верхних горизонтов. Причиной данной деформации является обводненность участка борта, сложенного песчано-глинистыми породами.

2. На станции II отмечено локальное смещение репера П-4, находящегося вблизи верхней бровки осыпавшегося уступа.

Анализ результатов наблюдений за состоянием откосов разреза «Эколог» показал их стабильное устойчивое состояние.

#### **Список литературы:**

1. Долгоносов В.Н., Шпаков П.С., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б., Старостина О.В. Аналитические способы расчета устойчивости карьерных откосов. Караганда: Санат-Полиграфия, 2009. – 332 с.

2. Ожигин С.Г. Маркшейдерско-геологический мониторинг состояния устойчивости карьерных откосов // Новости науки Казахстана. – Алматы: НЦНТИ, 2007. – С. 12-16.

3. ВНИМИ. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л., 1971. – 187 с.





4. Методические указания по оценке рисков развития деформаций, мониторингу и управлению устойчивостью бортов и уступов, карьеров, разрезов и откосов отвалов. М.: ИПКОН РАН, 2022. – 90 с.

5. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Л.: ВНИМИ, 1971. – 188 с.

6. Проект промышленной разработки списанных и балансовых запасов каменного угля на шахтных полях 3, 3-бис, 17, 26 Промышленного участка Карагандинского бассейна Том II. Отработка пласта К10 на участке открытых горных работ полей бывших шахт №№ 17, 26 Книга 1. Технологическая часть, Караганда, 2012. – 102 с.

