

УДК 622.271.3:331.4

Черских Олег Иванович

кандидат технических наук,
директор ООО «Солнцевский угольный разрез»,
694910, Сахалинская обл., Углегорский р-н,
г. Шахтерск, ул. Ленина, д.16А
e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА УГОЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ СО СЛОЖНЫМИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

Аннотация:

На Солнцевском угольном разрезе основными задачами обеспечения эффективности и безопасности производства приняты максимальное снижение рисков возникновения оползневых явлений и повышение уровня гидрогеологического, гидрологического и геомеханического обеспечения. В течение 2020-2023 гг. был осуществлен комплекс мероприятий по изучению гидрогеологических параметров массива разреза и отвалов с последующим проектированием систем водоотведения и дренажа с целью обеспечения устойчивости бортов и откосов.

Для снижения рисков травмирования персонала и повышения эффективности производства в этих условиях на разрезе формируется система непрерывного повышения качества трудовых процессов, позволяющая выявить узкие места, разработать и реализовать меры по их устранению. Так, на предприятии выполнена оценка качества производственных процессов по каждому производственному участку, определены зоны роста и разработаны мероприятия для приведения качества к приемлемому уровню. Повышение качества производственных процессов, как показали результаты деятельности, закономерно сопровождается снижением рисков и повышением эффективности производства.

Ведение горных работ в таких сложных условиях деятельности угольного разреза осуществляется на основе непрерывного мониторинга процессов и состояния горного массива. Для этого создана собственная система мониторинга и управления процессами – OES (Operational excellence solutions), позволяющая контролировать параметры работы экскаваторно-автомобильного комплекса и состояние автомобильных дорог, а также приобретены и введены в эксплуатацию интерферометрические георадары IBIS-FM и IBIS-ArcSAR.

Основными результатами работы по повышению безопасности и эффективности производства стали формирование культуры реагирования на отклонение от норм процессов и их предупреждение; разработка мероприятий по недопущению возникновения потерь в будущем. Выработка и реализация программы мер обеспечения безопасности и эффективности производства на основе пооперационных улучшений основных процессов позволяет угольному разрезу устойчиво развиваться в сложных горно-геологических, гидрогеологических, гидрологических и геомеханических условиях.

DOI:

Cherskikh Oleg I.

Candidate of Technical Sciences,
Director of LLC Solntsevsky coal mine,
694910 Sakhalin region, Uglegorsky district,
Shakhtersk, 16A Lenin Str.,
e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

ENSURING THE PRODUCTION SAFETY AND EFFICIENCY AT A COAL MINE WITH COMPLEX MINING AND GEOLOGICAL, HYDROLOGICAL AND GEOMECHANICAL CONDITIONS

Abstract:

At the Solntsevo coal mine, the main tasks of ensuring the efficiency and safety of production are to minimize the risks of landslide phenomena and to increase the level of hydrogeological, hydrological and geomechanical support. During 2020 – 2023, a set of measures was carried out to study the hydrogeological parameters of the section and dumps array, followed by the design of dewatering and drainage systems in order to ensure the stability of the sides and slopes.

To reduce the risks of injury of personnel and increase production efficiency in these conditions, a system of continuous improvement of the quality of labor processes is being formed at the section, which allows identifying bottlenecks, developing and implementing measures to eliminate them. Thus, the company has assessed the quality of production processes for each production site, identified growth zones and developed measures to bring quality to an acceptable level. Improving the quality of production processes, as shown by the results of activities, is naturally accompanied by a reduction in risks and an increase in production efficiency.

Mining operations in such difficult conditions of the coal mine are carried out based on continuous monitoring of the processes and condition of the mountain range. For this purpose, our own process monitoring and management system, OES (Operational excellence solutions), has been created, which allows us to control the parameters of the excavator-automotive complex and the condition of highways, as well as the IBIS-FM and IBIS-ArcSAR interferometric georadars have been purchased and put into operation.

The main results of the work on improving the safety and efficiency of production were the formation of a culture of responding to deviations from the norms of processes and their prevention; the development of measures to prevent the occurrence of losses in the future. The development and implementation of a program of measures to ensure production safety and efficiency based on operational improvements of the main processes allows the coal mine to develop steadily in difficult mining, geological, hydro-geological, hydrological and geomechanical conditions.

Ключевые слова: угольный разрез, сложные условия, гидрогеологическое, гидрологическое и геомеханическое обеспечение, риск травмирования, безопасность, эффективность, качество трудовых процессов, мониторинг.

Key words: coal mine, difficult conditions, hydrogeological, hydrological and geomechanical support, risk of injury, safety, efficiency, quality of labor processes, monitoring.

Введение

Солнцевский угольный разрез, входящий в состав Восточной горнорудной компании, имеет высокую динамику наращивания объемов производства. За 2022 г. перевезено свыше 130 млн м³ горной массы. На вскрышные работы пришлось 100,7 млн м³, добыто 11,3 млн т угля, остальные объемы – прочие работы по разноске бортов и противооползневые мероприятия. На 2023 г. запланирован объем вскрыши 134 млн м³, добычи – 13,7 млн т угля. На текущий момент предприятие перевыполняет все плановые показатели. В краткосрочной перспективе – выход к 2026 г. по объему добычи угля на 20 млн т (табл. 1).

Таблица 1

Динамика объемов производства Солнцевского угольного разреза [1]

Показатели	Годы									
	2000	2005	2010	2015	2020	2022	2023	2024	2025	2026
Добыча, млн т	0,2	0,6	0,9	3,2	11,0	11,3	13,7	17,4	18,7	20,3
Вскрыша, млн м ³	1,0	3,0	4,9	21,9	97,0	100,7	134,0	149,5	145,7	133,5
Коэффициент вскрыши, м ³ /т	4,7	5,4	5,6	6,8	8,8	8,9	9,8	8,6	7,8	6,6

■ – планируемые показатели

В связи с основанием и вводом в эксплуатацию новых участков горных работ произошел переход, точнее вход разреза в смежные водосборы рек Федора и Полтавка, что увеличило водосборную площадь территории, на которой в настоящее время находится разрез. В 2019 г. она составляла 9,6 млн м², а к 2023 г. площадь увеличилась более чем в 2 раза и составила 20,9 млн м².

Горные работы ведутся по транспортной системе разработки с использованием карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 90 – 220 т, с перевозкой вскрыши на внешние и внутренние отвалы, а угля – на перегрузочные склады. Более 70 % персонала работает вахтовым методом.

Высокая динамика наращивания объемов производства осуществляется в сложных горно-геологических, гидрологических, гидрогеологических и геомеханических условиях. Под сложными горно-геологическими, гидрологическими, гидрогеологическими и геомеханическими условиями в данном случае автор понимает такие условия, при которых состояние породных и угольных массивов исключает возможность воздействия на них при отработке месторождения обычными общепринятыми способами (по аналогии с [2]).

Месторождение характеризуется низкогорным холмистым рельефом с отметкой 300 – 330 м, находится в сейсмоактивной 9-балльной зоне по шкале МТК-64. Зимний период – лавиноопасный. Непосредственно на его территории протекают мелководные реки Федора, Полтавка, Майская, Умань, Придорожная, Малая и ручей Безымянный,

которые имеют типичный горный характер. Вскрышные породы склонны к оползневым явлениям. Отсутствие комплексного методического инструментария по безопасному и эффективному ведению горных работ в таких условиях обусловило важность этой проблемы.

Цель данной статьи заключается в критическом обсуждении опыта обеспечения безопасности и эффективности производства на угольном разрезе со сложными горно-геологическими, гидрологическими, гидрогеологическими и геомеханическими условиями.

Основное содержание

Для того чтобы работать эффективно в сложных горно-геологических, гидрологических, гидрогеологических и геомеханических условиях, необходимо максимально снизить риски возникновения оползневых явлений, повысить качество гидрогеологического и геомеханического обеспечения [3]. Для этого на предприятии создано и укомплектовано управление по контролю за состоянием массива, которое включает в себя гидрогеологический и геомеханический отделы, службу водоотведения, состоящую из участков руслоотведения, дренажа, малой горной техники.

Предприятие выполняет весь комплекс работ по гидрологическому изучению месторождения с применением современных технологий как камеральных, так и полевых. Осуществляется постоянное исследование и контроль.

В период с 2020 по 2023 г. на Солнцевском буроугольном месторождении был осуществлен комплекс мероприятий по изучению гидрологических параметров массива разреза и отвалов, с последующим проектированием систем водоотведения и дренажа с целью обеспечения устойчивости бортов и откосов. Комплекс выполненных мероприятий включал следующее:

1. Выполнено уточнение структурных особенностей массива и физико-механических свойств пород, гидрогеологических параметров, влияющих на устойчивость. Подготовлена геофильтрационная модель месторождения, которая применяется для детального прогнозирования условий формирования фильтрационного потока, уровня, количества запасов и качественного состава подземных вод в зоне влияния месторождения и на прилегающей территории.

2. Выполнена программа водопонижения прибортового массива на месторождении, осложненном широким распространением отложений с низкими фильтрационными свойствами (алевролит, аргиллит), с комбинированным бурением горизонтальных и вертикальных скважин, оборудованных датчиками.

3. По полученным данным откалибрована геофильтрационная модель месторождения, используемая для планирования горных работ.

4. Организовано водоотведение поверхностного стока от контура горной выработки и отвалов, с последующим отведением естественных водотоков постоянными и отстроенными временными руслоотводами.

5. Организованы гидрологические посты на естественных и искусственных водотоках месторождения и прилегающих территорий, с ведением режимных наблюдений.

6. Налажен учет поверхностного водоотлива из горных выработок в увязке с утилизацией таких вод на локальных очистных сооружениях разреза. Увеличена их пропускная способность с 75 до 375 м³/ч.

7. На предприятии реализуется программа мер водоотведения (рис. 1, табл. 2 - 4), которая позволяет обеспечить осушение карьерного поля и устойчивое состояние массива.

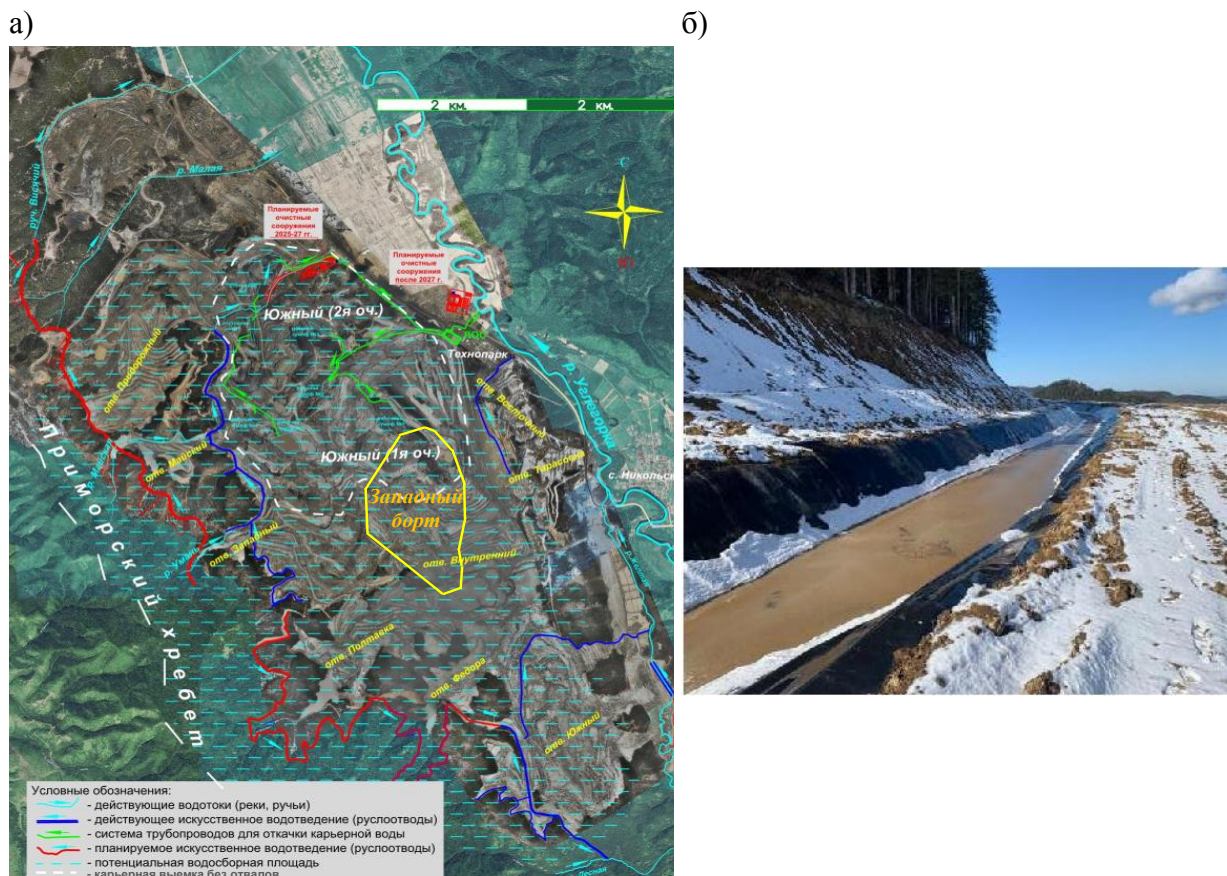


Рис. 1. Водоотведение от карьерной выемки (а) и временный руслоотвод (б)

Таблица 2
Динамика отведения вод от водосборной площади разреза (от выемки)

№ п.п.	Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1	Водосборная площадь разреза (без учета водоотведения), тыс. м ²	8527	9662	20904	21778	23414
2	Общий водопроток (без учета отведения), тыс. м ³	6978	10808	34292	35079	37437
3	Отводимый канавами и руслоотводом объем воды, тыс. м ³		3738	26814	26814	26814
4	Водоприток в разрез (факт 2021 – 2022 гг., ожид. 2023 – 2025 гг.), тыс. м ³	6978	7070	7478	8265	10623
5	Откачка за контур разреза (2023 – 2025 гг., ожид.), тыс. м ³	4201	6500	10900	9000	10600
6	Остаток в разрезе по году (зумфы, грунтозамещение и т.д.), тыс. м ³	2777	570	-3422	-735	23
7	Остаток в разрезе с накоплением, тыс. м ³	3727	4297	875	140	163

Таблица 3

Работа по отведению воды от водосборной площади разреза (от выемки), п.м.

№ п.п.	Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.
	Строительство водоотводных каналов (руслоотвода)			
1	План	0	6980	13911
2	Факт	0	6980	4470

Таблица 4

Работа по отведению воды от внешних отвалов, п.м.

№ п.п.	Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Итого
	Строительство водоотводных каналов (руслоотвода)					
1	План	0	2670	14585	7500	24755
2	Факт	0	2670	4850	0	7520

Общая протяженность дренажных каналов на конец 2024 г. составит свыше 34 км, объем притока воды – свыше 20 млн м³, среднегодовой объем откачанной воды – свыше 10 млн м³.

Для обеспечения контроля за устойчивостью бортов в местах с повышенным риском проявления деформационных процессов и выявления опасных зон приобретены и введены в эксплуатацию интерферометрические георадары IBIS-FM и IBIS-ArcSAR, которые постоянно сканируют горные выработки в онлайн режиме и производят оповещение о необходимости вывода людей и техники из опасных зон в случаях увеличения скорости смещений сверх допустимого уровня. Успех этой технологии основывается, главным образом, на способности радаров вести наблюдения практически при любых погодных условиях с субмиллиметровой точностью в режиме реального времени на обширной территории (рис. 2) [4].

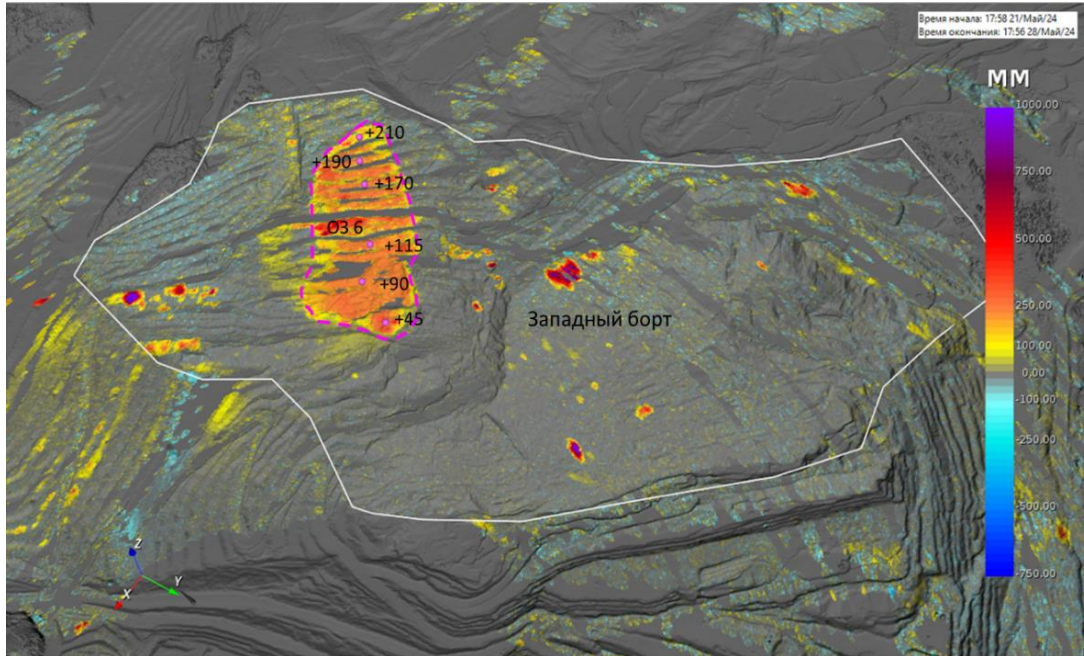
Анализ данных, накопленных по результатам наблюдений деформаций горных пород, позволил определить параметры критических подвижек массива и уровня их опасности: при скорости смещений до 20 мм/ч можно продолжать работу в режиме готовности к выводу, при скорости смещений 25 мм/ч и более необходимо выводить технику и людей из опасных зон; при скорости 60 мм/ч происходит обрушение [4].

Информация о скорости смещений приходит на телефон, электронную почту, в Telegram-канал как горному диспетчеру, так и лицам технического надзора предприятия. На основании этой информации принимается решение о дальнейшем производстве работ на данных участках [4].

Опасные зоны месторождения, основными причинами возникновения которых являются слабые контакты в обводненных породах, фиксируются. В случае выявления деформаций горного или отвального массива, появления затопленных участков, подходе разработки техникой к большим тектоническим нарушениям геотехнической совместно с маркшейдерской службой определяется контур потенциально опасной зоны с учетом возможных последствий, которые каким-либо образом могут угрожать жизни и здоровью людей. Приказом присваивается номер опасной зоны и происходит ознакомление со всеми подразделениями предприятия, далее заносится в журнал опасных зон, разрабатывается локальный проект производства работ по ликвидации

этой опасной зоны, утвержденный техническим руководителем предприятия, или заказывается проект ликвидации опасной зоны в проектной организации. Их список регулярно пополняется геомеханической службой и находится под особым контролем [4] (рис. 3, табл. 5).

а) карта смещений (западный борт)
(недельный период, май 2024 г.)



б) тренд смещений по точкам в опасной зоне и по всей площади опасной зоны
(недельный период, май 2024 г.)

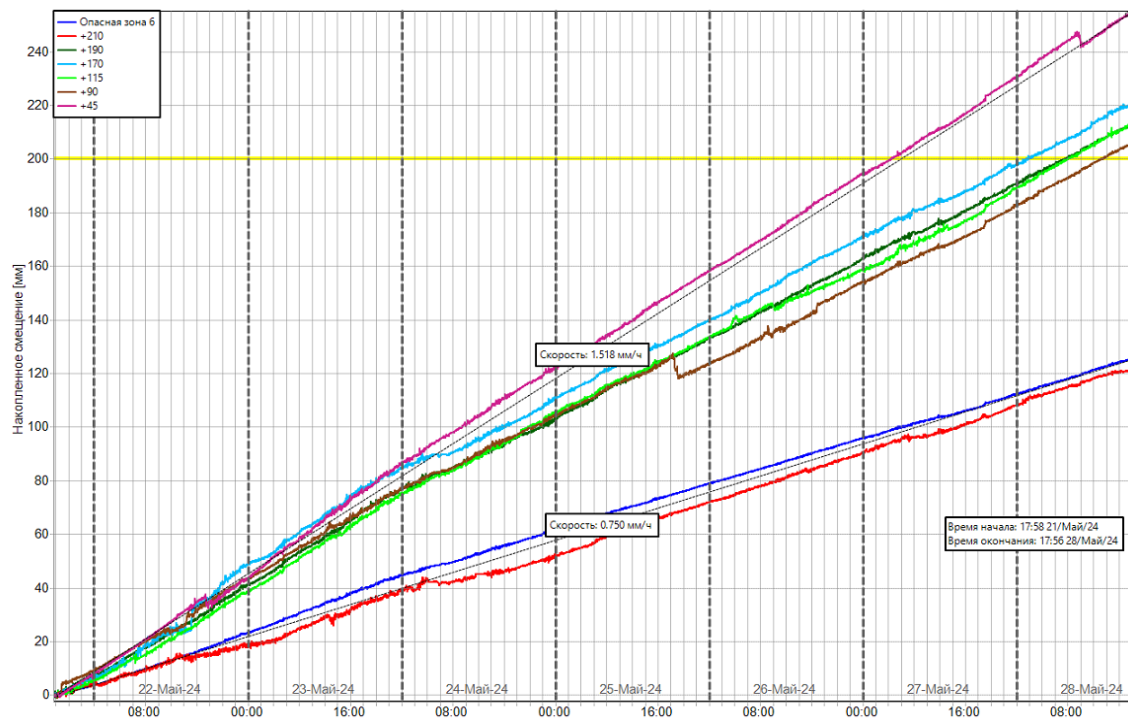


Рис. 2. Георадарное наблюдение за массивом

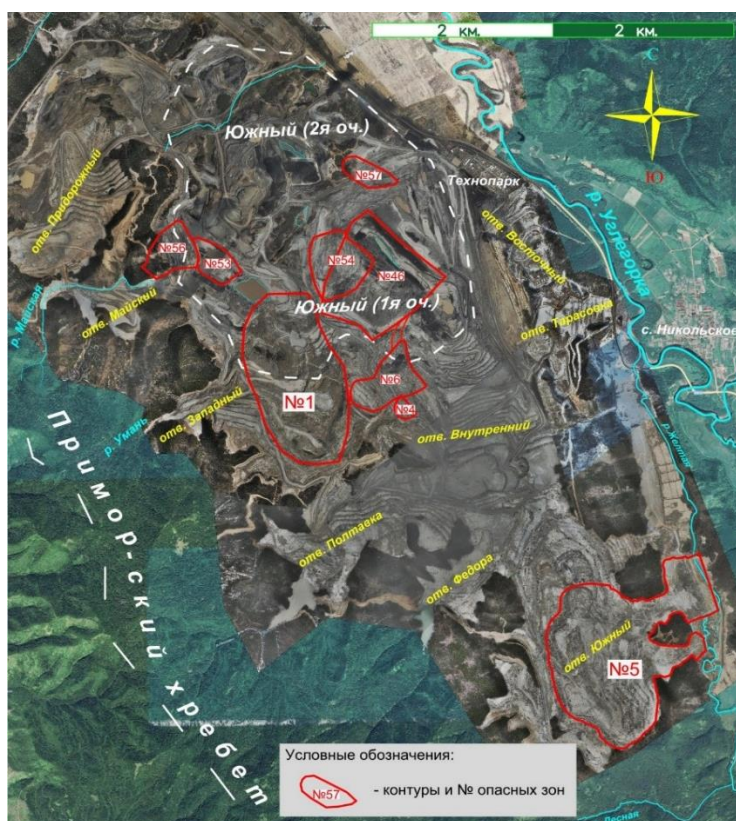


Рис. 3. Пример расположения опасных зон

Таблица 5

Перечень опасных зон, фрагмент

№ ОЗ*	Ведение горных работ	Скорости на апрель 2024 г., мм/сут	Причины деформаций
1	ведутся	Периодические замеры	Оползень отвала Западный Бис
4	не ведутся	18.3	Контакт пород, высокая обводненность
5	не ведутся	0.8 – 1.5	Обводненность, высота отвала
6	ведутся	40.5	Тектоническое нарушение № 12
44	ведутся	0.4 – 0.7	Контакт пород, высокая обводненность
46	ведутся	1.0 – 1.7	Высокая обводненность
53	ведутся	Периодические замеры	Высокая обводненность
56	ведутся	3 – 7	Контакт пород, обводненность, тектонические нарушения
57	ведутся	22	Четвертичные породы, обводненность, ведение горных работ

*ОЗ – опасная зона

Систематически проводится мониторинг, геомеханическое моделирование и прогноз развития сдвижений. На основании этого были разработаны мероприятия по локализации опасных зон:

ОЗ 1 – работы ведутся согласно проекту «Техническое перевооружение опасного производственного объекта разрез угольный ООО «Солнцевский угольный

разрез» в части ликвидации последствий оползня, дальнейшего отвалообразования и обеспечения безопасности разработки угля блока № 3 участка «Южный 1 очередь»;

ОЗ 4 – выполнено бурение пилотных водопонижающих и дренажных скважин. Установлено, что фактический уровень грунтовых вод находился на глубине 10 – 15 м, борт обводнен и его параметры устойчивости находятся на пределе. Для повышения устойчивости борта обеспечен пригруз;

ОЗ 5 – разработан план мероприятий по снижению обводненности, организован регулярный геотехнический и гидротехнический мониторинг;

ОЗ 6 – произведена отгрузка оползня участка борта в объеме 3 млн м³, выполнено бурение мониторинговых прибортовых скважин. Выявлено, что уровень грунтовых вод находится на глубине до 30 м. Проводится мониторинг и анализ устойчивости;

ОЗ 44 – разработан план мероприятий по снижению обводненности при помощи ГДС, организован георадарный мониторинг;

ОЗ 46 – разработан план мероприятий по снижению обводненности при помощи ГДС, подготовлен проект разnosки зоны деформации, организован георадарный мониторинг;

ОЗ 53 и **ОЗ 56** – планируется бурение наблюдательной гидрогеологической скважины для получения подробной информации об обводненности массива, рассматривается проект разnosки зоны деформации, организован георадарный мониторинг;

ОЗ 57 – подготовлен проект разnosки зоны деформации, организован георадарный мониторинг.

Такие сложные условия деятельности разреза определяют повышенные требования к качеству осуществляемых процессов. В связи с этим на разрезе формируется система непрерывного повышения качества трудовых процессов [5, 6, 7]. Под качеством трудового процесса понимается комплекс его свойств и характеристик процесса, отражающий соответствие фактических параметров процесса целевым при выполнении работниками своих трудовых функций [7]. Оценка качества трудовых процессов производится на основе разработанного в исследованиях [8] методического инструментария.

На предприятии выполнена оценка качества трудовых процессов по каждому производственному участку (руслоотведение, дренаж и водоотведение, буровзрывные работы, дорожное строительство, энергоснабжение, экскавация, автотранспорт, ремонт, складирование) (рис. 4).

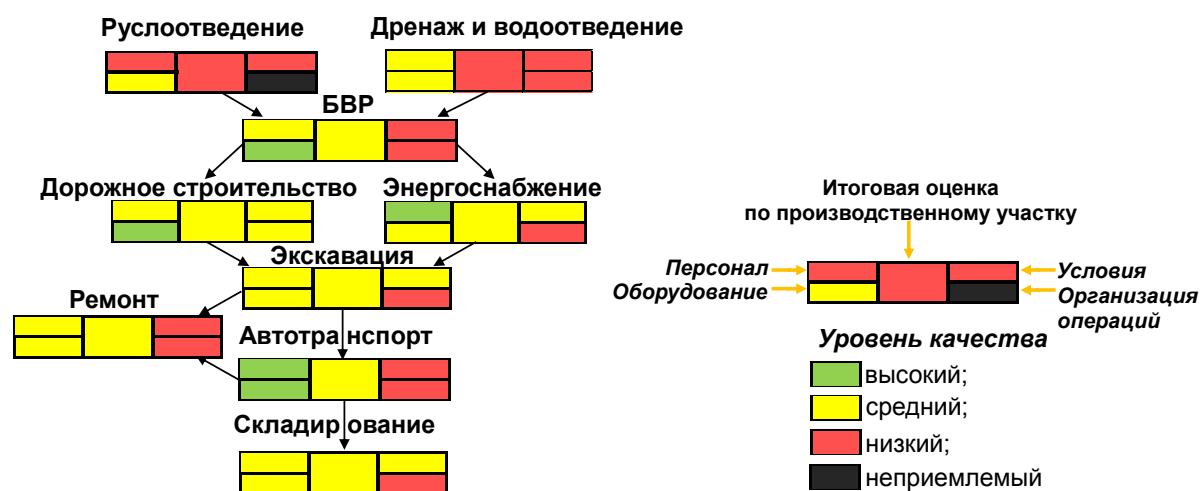


Рис. 4. Оценка уровня качества производственного процесса разреза [10]

Определены зоны роста и разработаны мероприятия для приведения качества процессов к приемлемому уровню. Практика совершенствования производственных процессов на Солнцевском угольном разрезе показала, что повышение их качества сопровождается снижением рисков и повышением эффективности производства [7, 8].

Успешное ведение горных работ в таких сложных условиях деятельности угольного разреза невозможно без организации непрерывного мониторинга процессов. Для этого в 2021 г. на разрезе был создан ситуационно-аналитический центр, работа которого осуществляется с использованием собственной системы мониторинга на цифровой платформе OES (Operational excellence solutions), которая представляет собой набор прикладных сервисов для решения задач операционного управления горнодобывающим предприятием. Это программный продукт, состоящий из четырех основных модулей: производительность, управление скоростью, топливная эффективность и мониторинг остановок техники, который позволяет контролировать параметры работы экскаваторно-автомобильного комплекса, состояние автомобильных дорог. Более детально модули представлены в [9, 11, 12].

Оперативное управление работой комплекса осуществляется по следующим направлениям: балансировка комплексов, расшивка узких мест дорожной инфраструктуры для повышения скорости движения автотранспорта, сокращение простоев, экономия топлива и контроль за оперативным выходом в работу горно-транспортного оборудования [9].

Заключение

Комплексный подход к обеспечению безопасности и эффективности производства, реализуемый на Солнцевском угольном разрезе, который осуществляет свою деятельность в сложных горно-геологических, гидрологических и геомеханических условиях освоения угольного месторождения, позволил наряду с интенсивным наращиванием объемов добычи угля и вывозки горной массы увеличить среднюю эксплуатационную скорость движения карьерных автосамосвалов, снизить на 10 – 20 % простои горно-транспортного оборудования на основе подготовки и реализации мер по снижению риска негативных событий. Этот опыт, заключающийся в соединении технического и организационного инструментария повышения качества производственного процесса, может быть использован угольными разрезами, на которых планируется значительный рост объемов производства.

Список литературы

1. Восточная горнорудная компания наращивает объемы добычи и отгрузки угля. *Уголь*, 2020, № 3, С. 30–31.
2. Картозия Б.А., Корчак А.В., 1996. Классификация и критерии оценки сложных горно-геологических условий при строительстве подземных сооружений. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 1, С. 15–23.
3. Площенко С.А., 2021. Инструменты повышения операционной эффективности в угледобывающей отрасли на примере ООО «Восточная Горнорудная Компания». *Горная промышленность*, № 2, С. 16–20.
4. Черских О.И., 2023. Развитие угольного разреза в сложных условиях деятельности. *Проблемы недропользования*, №3 (38), С. 59–66. DOI: 10.25635/2313-1586.2023.03.059
5. Артемьев В.Б., Килин А.Б., Шаповаленко Г.Н. и др., 2013. Концепция опережающего контроля как средства существенного снижения травматизма. // *Уголь*, № 5, С. 82–85.
6. Артемьев В.Б., Лисовский В.В., Ютяев Е.П., Федоров А.В., Килин А.Б., Кулецкий В.Н., Циношкин Г.М., Добровольский А.И., Заньков А.П., Галкин В.А., Макаров А.М., Кравчук И.Л., Довженок А.С., Галкин А.В., 2018. Надежное обеспечение без-

опасности труда на предприятиях СУЭК: *Отдельная статья Горного информационно-аналитического бюллетеня*, № 5 (спец. выпуск 20), 42 с. (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя». Вып. 34).

7. Черских О.И., Минаков В.С., Макаров А.М., 2023. Повышение качества трудовых процессов – средство планомерного снижения рисков травмирования персонала угольного разреза. *Безопасность труда в промышленности*, № 2, С. 28–32. DOI 10.24000/0409-2961-2023-2-28-32.

8. Кулецкий В.Н., Жунда С.В., Довженок А.С., Галкин А.В., Полещук М.Н., 2018. Методика повышения качества трудовых процессов : *Отдельная статья Горного информационно-аналитического бюллетеня*, № 9 (спец. выпуск 42), 40 с. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-42-3-36.

9. Черских О.И., Минаков В.С., Назарян С.А., 2023. Повышение операционной эффективности деятельности угольного разреза посредством цифровизации процессов. *Уголь*, № 3 (1165), С. 7–84. DOI 10.18796/0041-5790-2023-3-79-84.

10. Черских О.И., Макаров А.М., 2023. Развитие предприятия открытой угледобычи с применением экосистемного подхода. *Горная промышленность*, № 6, С. 122–127. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-122-127>.

11. Магруппова З.М., Кольцов С.Г., 2020. Стратегии достижения конкурентного преимущества на основе цифровизации и информатизации производственных процессов. *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)*, № 12 (81), С. 4–9.

12. Черских О.И., Назарян С.А., 2023. Цифровизация как средство эффективного мониторинга процессов и управления горным производством. Комбинированная геотехнология: комплексное освоение техногенных образований и месторождений полезных ископаемых. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, Вып. 1, С. 410–415.

References

1. Vostochnaya gornorudnaya kompaniya narashchivaet ob'emny dobychi i otgruzki uglya [The Vostochnaya Mining Company increasing the volume of coal production and shipment]. *Ugol'*, 2020, № 3, P. 30–31.

2. Kartoziya B.A., Korchak A.V., 1996. Klassifikatsiya i kriterii otsenki slozhnykh gorno-geologicheskikh uslovii pri stroitel'stve podzemnykh sooruzhenii . [Classification and criteria for assessing complex mining and geological conditions during the construction of underground structures]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 1, P. 15–23.

3. Ploshchenko S.A., 2021. Instrumenty povysheniya operatsionnoi effektivnosti v ugledobyvayushchei otrasli na primere OOO "Vostochnaya Gornorudnaya Kompaniya" [Tools for improving operational efficiency in coal mining industry on the example of Vostochnaya Mining Company LLC]. *Gornaya promyshlennost'*, № 2, P. 16–20.

4. Cherskikh O.I., 2023. Razvitie ugol'nogo razreza v slozhnykh usloviyakh deyatel'nosti [Development of a coal mine in difficult work conditions]. *Problemy nedropol'zovaniya*, №3 (38), P. 59–66. DOI: 10.25635/2313-1586. 2023.03.059

5. Artem'ev V.B., Kilin A.B., Shapovalenko G.N. i dr., 2013. Kontseptsiya operezhayushchego kontrolya kak sredstva sushchestvennogo snizheniya travmatizma [The concept of advanced control as a mean of significantly reducing injuries]. // *Ugol'*, № 5, P. 82–85.

6. Artem'ev V.B., Lisovskii V.V., Yutyaev E.P., Fedorov A.V., Kilin A.B., Kuletskii V.N., Tsinoshkin G.M., Dobrovolskii A.I., Zan'kov A.P., Galkin V.A., Makarov A.M., Kravchuk I.L., Dovzhenok A.S., Galkin A.V., 2018. Nadezhnoe obespechenie bezopasnosti truda na predpriyatiyakh SUEK [Reliable labor safety at SUEK enterprises]: *Otdel'naya stat'ya Gornogo informatsionno-analiticheskogo byulletenya*, № 5 (spets. vypusk 20), 42 p. (Ser. "B-ka gornogo in-zhenera-rukovoditelya". Vyp. 34).

7. Cherskikh O.I., Minakov V.S., Makarov A.M., 2023. Povyshenie kachestva trudovykh protsessov – sredstvo planomernogo snizheniya riskov travmirovaniya personala

ugol'nogo razreza [Improving the quality of work processes as a mean of systematically reducing the risks of injury for coal mine personnel]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, № 2, P. 28–32. DOI 10.24000/0409-2961-2023-2-28-32.

8. Kuletskii V.N., Zhunda S.V., Dovzhenok A.S., Galkin A.V., Poleshchuk M.N., 2018. Metodika povysheniya kachestva trudovykh protsessov [Methodology for improving the quality of labor processes]: Otdel'naya stat'ya Gornogo informatsionno-analiticheskogo byulletenya, № 9 (spets. vypusk 42), 40 p. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-42-3-36.

9. Cherskikh O.I., Minakov V.S., Nazarian S.A., 2023. Povyshenie operatsionnoi effektivnosti deyatelnosti ugol'nogo razreza posredstvom tsifrovizatsii protsessov [Improving the operational efficiency of the coal mine through digitalization of processes]. *Ugol'*, № 3 (1165), P. 7–84. DOI 10.18796/0041-5790-2023-3-79-84.

10. Cherskikh O.I., Makarov A.M., 2023. Razvitie predpriyatiya otkrytoi ugle-dobychi s primeneniem ekosistemnogo podkhoda [Development of an open-pit coal mining enterprise using an ecosystem approach]. *Gornaya promyshlennost'*, № 6, P. 122–127. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-122-127>.

11. Magrupova Z.M., Kol'tsov S.G., 2020. Strategii dostizheniya konkurentnogo preimushchestva na osnove tsifrovizatsii i informatizatsii proizvodstvennykh protsessov [Strategies for achieving competitive advantage based on digitalization and informatization of production processes]. *Evraziiskii Soyuz Uchenykh (ESU)*, № 12 (81), P. 4–9.

12. Cherskikh O.I., Nazarian S.A., 2023. Tsifrovizatsiya kak sredstvo effektivnogo monitoringa protsessov i upravleniya gornym proizvodstvom. Kombinirovannaya geotekhnologiya: kompleksnoe osvoenie tekhnogennykh obrazovaniy i mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. [Digitalization as a mean of effective monitoring of processes and management of mining production. Combined geotechnology: integrated development of technogenic formations and mineral deposits]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle, Vyp. 1*, P. 410–415.