

Код МРНТИ 36.23.27

О.Г. Бесимбаева, Е.Н. Хмырова, *М.Б. Игемберлина, Г.Е. Жунусова

НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (г. Караганда, Казахстан)

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В РАЙОНАХ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы вредного влияния очистных выработок на подрабатываемые объекты (здания, сооружения, коммуникации), которое проявляется в перемещениях и деформациях грунта в их основании, перемещении сооружений, в изменении напряжений и несущей способности конструкций, в появлении трещин в стенах зданий и т. д. Для обеспечения сохранности сооружений и безопасности населения в районах подземной разработки угольных месторождений необходимо, чтобы перемещения и деформации земной поверхности не превышали предельных, вызывающих предельное состояние и разрушение объекта. Правильный выбор методов охраны сооружений немаловажен без изучения взаимосвязи деформаций грунта и сооружений. Исследования состояния объектов должно проводиться в комплексе с изучением горнотехнических условий разработки и натуральными инструментальными наблюдениями за подрабатываемыми объектами.

Ключевые слова: мульда сдвижения, земная поверхность, безопасная подработка, подземные горные разработки, угол падения пласта, геодезический мониторинг, отклонение от вертикали, опоры ЛЭП, допустимые деформации, предельные деформации.

Көмір кен орындарын жерасты игеру аудандарындағы ғимараттар мен құрылыстардың жай-күйін бақылау

Аңдатпа. Мақалада тазарту қазбаларының өңделетін объектілерге (ғимараттарға, құрылыстарға, коммуникацияларға) зиянды әсері қарастырылады, бұл олардың негізінде топырақтың орын ауыстыруы мен деформациясында, құрылыстардың орын ауыстыруында, құрылымдардың кернеуі мен көтерігіштігінің өзгеруінде, ғимараттардың қабырғаларында жарықтардың пайда болуында және т. б. жерасты игеру аудандарында құрылыстардың сақталуын және халықтың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін көмір кен орындары жер бетінің қозғалысы мен деформациясы объектінің шекті күйі мен бұзылуын тудыратын шекті деңгейден аспауы керек. Құрылыстарды қорғау әдістерін дұрыс таңдау топырақ пен құрылыстардың деформацияларының өзара байланысын зерттей-ақ мүмкін емес. Объектілердің жай-күйін зерттеу игерудің тау кен техникалық жағдайларын зерделеумен және жағдамалы объектілерді табиғи аспаптық бақылаумен кешенді түрде жүргізілуі тиіс.

Түйінді сөздер: жылыжу мұлдасы, жер беті, қауіпсіз жұмыс, жерасты тау-кен қазбалары, қабаттың құлау бұрышы, геодезиялық мониторинг, тігінен ауытқу, электр желілерінің тіректері, рұқсат етілген деформациялар, шекті деформациялар.

Monitoring the condition of buildings and structures in areas of underground mining of coal deposits

Abstract. The article discusses the harmful effects of sewage treatment plants on workable facilities, which is manifested in movements and deformations of the soil at their base, displacement of structures, changes in stresses and bearing capacity of structures, cracks in the walls of buildings, etc. To ensure the safety of structures and the safety of the population in areas of underground mining of coal deposits, it is necessary that the movement and the deformations of the Earth's surface did not exceed the limits, causing the ultimate condition and destruction of the object. The correct choice of methods for protecting structures is unthinkable without studying the deformations of the soil and structures. Research on the condition of facilities should be carried out in conjunction with the study of mining conditions and natural instrumental observations of the facilities being worked on.

Key words: displacement range, the Earth's surface, safe part-time work, underground mining, angle of incidence of the formation, geodetic monitoring, deviation from the vertical, transmission line supports, permissible deformations, marginal deformations.

Введение

При подземной разработке угольных месторождений вопросам охране окружающей среды уделяется особое внимание, так как они представляют собой комплекс специальных мероприятий, которые в первую очередь направлены на увеличение полноты выемки полезных ископаемых из недр, а также уменьшение вредного воздействия геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород, на состояние земной поверхности. Наряду с этим возникает необходимость снижения негативного влияния уровня подземных вод и контроля над их химическим составом, так как данные показатели напрямую воздействуют на загрязнение почвы, открытые водоемы и увеличивают объем выброса токсичных примесей в атмосферу. Согласно утвержденным санитарным нормам и правилам уровень допустимого показателя на природные и инженерные объекты, подлежащие охране, зависят от ряда факторов, например, таких как назначение, конструктивное решение, особенности расположения и условия эксплуатации.

В связи с вышеуказанным, при разработке полезных ископаемых в обязательном порядке необходимо проводить геодезический мониторинг за состоянием подрабатываемой территории горнодобывающего предприятия и прилегающих к ним территорий. Результаты систематического мониторинга позволяют производить прогнозирование за счет создания моделирования поверхности и на основании полученных данных своевременно выявить наиболее

опасные участки и принять соответствующие меры. Проведение геодезического мониторинга является одной из первоочередных задач на протяжении всего периода разработки месторождений полезных ископаемых.

В последнее время за счет увеличения объемов ведения горных работ как подземным, так и открытым способами в Республике Казахстан на законодательном уровне приняты к исполнению нормативные документы, направленные на исследование геомеханического состояния недр, и для реализации данной задачи ежегодно выделяется финансирование [1].

Проблемой изучения процесса сдвижения горных пород и деформаций земной поверхности непосредственно на территории Карагандинского угольного бассейна и на других месторождений на протяжении многих лет в рамках выполнения хоздоговорных тем занимаются ученые ведущих вузов Республики Казахстан.

Для обеспечения безопасного ведения горных работ необходимо изучать физико-механические свойства горных пород, и в зависимости от их характеристик, глубины разработки месторождения, наличия геологических нарушений, трещиноватости массива, геометрических параметров полезного ископаемого (мощности угольного пласта, угла падения и азимута простирания) для выбора наиболее оптимальной системы разработки с учетом вышеперечисленных факторов [2].

Цель охраны застроенной территории – обеспечение эксплуатационной надежности сооружений при мини-

мальных расходах на защитные мероприятия. Это достигается в том случае, если влияние горного фактора совместно с влиянием других обычных факторов не вызовет предельного состояния сооружения.

Характер и интенсивность сдвижений зависят от целого ряда геологических и горно-эксплуатационных факторов, от способа и режима ведения горных работ, изменяя которые, можно в определенных пределах сознательно воздействовать на течение процесса, то есть управлять им [3, 4].

Проведение прогноза и своевременное выявление негативных процессов, протекающих в массиве горных пород, а также предотвращение аварийных ситуаций являются одной из важных задач в горнодобывающей отрасли.

При плавном оседании над месторождением возникает углубление в земной поверхности – мульда оседания. Углы сдвижения зависят от многих факторов: строения пород, углов падения пластов, глубины работ, порядка отработки месторождения [3, 4].

Методы

Мониторинг зданий и сооружений проводится с целью обеспечения безопасности и эксплуатационной надежности объектов при их подработке. По результатам проведенного мониторинга определяется степень отклонения выявленных деформаций от допустимых значений; проводится анализ взаимосвязи между сдвигами массива горных пород и деформациями объектов инфраструктуры. Мониторинг позволяет провести анализ выявленных деформаций и разработку мероприятий по предупреждению и снижению недопустимых отклонений и негативных последствий с обязательным контролем над выполнением принятых решений.

Проведение мониторинга за сдвижением земной поверхности базируется на принципах постоянного наблюдения за изменениями, которые необходимы для своевременного выявления, оценки и прогнозирования опасных геологических процессов, что позволяет принимать обоснованные управленческие решения для обеспечения безопасности.

Ключевыми аспектами являются:

- принцип постоянного наблюдения: мониторинг основан на систематических наблюдениях за природными процессами, позволяющий отслеживать их динамику и выявлять закономерности;

- информационная основа: мониторинг опирается на сбор, обобщение и анализ данных о состоянии земной поверхности. Полученные данные позволяют не только констатировать изменения, но и делать прогнозы;

- основа для принятия решений: результаты мониторинга служат научно обоснованной базой для принятия управленческих решений, связанных с обеспечением безопасности людей и объектов экономики, а также с минимизацией негативных последствий сдвижения;

- использование современных технологий: современные методы, такие как лазерное сканирование, дистанционное зондирование Земли, высокоточное нивелирование, аэрофотосъемка с использованием лазерно-цифровых приборов позволяют получать точные и актуальные данные о деформациях земной поверхности, что делает мониторинг более эффективным;

- комплексный подход: мониторинг охватывает все стороны природной среды, включая геологию, что позволяет оценивать не только текущее состояние, но и прогнозировать развитие опасных процессов.

Разработка большинства шахт, входящих в состав АО «Qargmet», в том числе и шахты имени Костенко по добыче каменного угля ведется на протяжении более 80 лет. Основными вмещающими породами в районе ведения горных работ преимущественно являются аргиллиты, алевролиты и песчаники.

Система разработки влияет на процесс сдвижения размерами очистных выработок, величиной оставляемых целиков, способов управления кровлей. Сплошная система разработки в сочетании с большими размерами очистной выемки способствует проявлению сдвижения пород в виде плавного прогиба. Установлено, что при равномерном подвигании очистного забоя оседание налегающих слоев происходит равномерно. Однако в случае остановки работы очистного забоя плавность процесса сдвижения горных пород нарушается, что может привести к их разлому и образованию провалов с выходом на дневную поверхность [5].

Методика исследования сдвижения земной поверхности включает комплекс:

- инструментальных наблюдений;
- расчетов мульды сдвижения и производных деформаций;
- сопоставления фактических параметров с нормативами;
- анализа влияния горнотехнических факторов.

На основании расчетных деформаций земной поверхности и дальнейшем их сравнении с допустимыми и предельными деформациями устанавливаются правила безопасной добычи угля под объектами (здания, сооружения, железные дороги), подлежащими охране. Расчет параметров мульды сдвижения и ожидаемых деформаций земной поверхности выполнен в соответствии с «Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Карагандинском угольном бассейне» (Караганда, КазВНИМИ, 1997 г.) [6].

Для расчета параметров земной поверхности были использованы зависимости функций оседания земной поверхности и мульды сдвижения:

$$W(x) = W_{max} \cdot f(x) \quad (1)$$

где W_{max} – максимальное оседание в центре мульды;

$f(x)$ – функция формы мульды (например, по теории Лосева – логарифмическая или синусоидальная).

Расчеты были выполнены по методикам, разработанным КазВНИМИ, а также на основании научных работ российских ученых Мустафина М.Г., Орлова Г.В.

В зоне активного влияния горных работ расположены объекты, находящиеся непосредственно над выработанным пространством: пункты государственной геодезической сети, несколько участков автомобильных дорог, участок железной дороги и часть опор ЛЭП.

Горнотехнические условия планируемой отработки запасов угля приведены в таблице 1.

Таблица 1

Горнотехнические условия отработки лав

Кесте 1

Кенжарларды өңдеудің тау-кен техникалық шарттары

Table 1

Mining and technical conditions of lava mining

Наименование показателей	Лавы 45 К _{2,3} -з	Лавы 44 К ₇ -з	Лавы 48 К ₁₂ -1-в
Средняя глубина разработки, м	620	480	310
Вынимаемая мощность пласта, м	5,6	1,9	2,7
Угол падения пласта, град	9°	7°	6°
Длина, м	1100	1350	840
Скорость подвигания очистного забоя, м/мес	62	192	81
Способ управления кровлей	полное обрушение	полное обрушение	полное обрушение

Рассматриваемая земная поверхность ранее подработана горными работами по пластам К₁ и К₂.

На исследуемом участке горные работы ведутся на глубине порядка 310 м, что согласно установленным правилам, соответствует рассчитанной безопасной глубине.

Таблица 2
Подработанные участки ЛЭП

Геодезический мониторинг за вертикальностью опор ЛЭП выполняется способами направлений, малых углов и вертикального проектирования, то есть для определения крена конструкций на протяжении всего периода эксплуатации сооружения. Определения величин отклонения опор ЛЭП от вертикального положения было осуществлено электронным тахеометром Leica TPS 416 способом направлений, при этом измерения произведены в безотражательном режиме.

Кесте 2
ЭБЖ жұмыс істелген бөліктері

Table 2
Damaged sections of power lines

Название высоковольтной линии	№ опор
ВЛ – 110 кВ «Караганда – Новый Город»	№ 34–49
ВЛ – 110 кВ «Новый Город – Сантехническая»	№ 12–20
ВЛ – 35 кВ «Новый Город – Костенко»	№ 13–26
ВЛ – 35 кВ «Новый Город – Вертикальная»	№ 18–27

Отработка угольных пластов непосредственно под опорами линий электропередач (рис. 1) должна обязательно осуществляться на глубине не менее безопасной глубины ведения горных работ. Коэффициенты безопасности К_б приведены в таблице 3.

Суть способа направлений заключается в следующем: определяют смещение центра верхнего сегмента относительно центра, расположенного на базовом сегменте, от одной из точек, то есть составляющая крена увеличивается вдоль оси обычной системы координат, начало ее координат совпадает с центром «нижний базовый сегмент», а ось х выровнена с направлением «точка наблюдения – центр базового сегмента». Особенно важным параметром в этом случае является смещение центра верхней секции относительно центра базовой секции между циклами наблюдений.

Таблица 3
Коэффициент безопасности К_б для опор ЛЭП

Крен опор ЛЭП определяется методом направлений:

$$i = \frac{\Delta x}{h}, \tag{2}$$

Кесте 3
ЭБЖ тіректері үшін К_к қауіпсіздік коэффициенті

Table 3
Fs safety factor for power transmission poles

Опоры ЛЭП	Напряжение ЛЭП, кВ	К _б
Анкерные	220–400	100
Промежуточные	220–400	75
Анкерные	6–110	75
Промежуточные	6–110	20

где Δx – смещение центра верхней секции относительно базовой,

h – высота конструктивной секции опоры.

Маркшейдерско-геодезические работы на территории угольных бассейнов должны выполняться с учетом особых условий, возникающих в результате деформаций земной поверхности при эксплуатации месторождений [9].

Величина крена опор ЛЭП, находящихся в зоне влияния горных работ, по результатам наблюдений представлена в таблице 4.

Таблица 4

Результаты съемки крена опор ЛЭП

Кесте 4

ЭБЖ тіректерінің орамын түсіру нәтижелері

Table 4

The results of the survey of the roll of the power poles

ЛЭП	№ опор	Крен, м	ЛЭП	№ опор	Крен, м	ЛЭП	№ опор	Крен, м	ЛЭП	№ опор	Крен, м
ВЛ – 110 кВ «Караганда – Новый Город»	34	0,011	ВЛ – 110 кВ «Новый Город – Сантехническая»	12	0,001	ВЛ – 35 кВ «Новый Город – Костенко»	13	0,005	ВЛ – 35 кВ «Новый Город – Вертикальная»	18	0,002
	35	0,001		13	0,002		14	0,015		19	0,005
	36	0,027		14	0,033		15	0,016		20	0,007
	37	0,023		15	0,029		16	0,011		21	0,010
	38	0,003		16	0,009		17	0,010		22	0,020
	39	0,003		17	0,008		18	0,014		23	0,032
	40	0,031		18	0,005		19	0,023		24	0,026
	41	0,020		19	0,005		20	0,017		25	0,025
	42	0,007		20	0,005		21	0,026		26	0,015
	43	0,008					22	0,033		27	0,001
	44	0,004					23	0,003			
	45	0,003					24	0,005			
	46	0,003					25	0,011			
47	0,003			26	0,015						
48	0,003										
49	0,002										

Методика обследования зданий и сооружений в зонах влияния деформаций земной поверхности, вызванных подработкой земной поверхности, заключается в систематических наблюдениях за состоянием объектов, находящихся в зоне подработки [7, 8].

Маркшейдерско-геодезические работы на территории угольных бассейнов должны выполняться с учетом особых условий, возникающих в результате деформаций земной поверхности при эксплуатации месторождений [9].

В программу наблюдений также включены измерения расстояний по вертикали от проводов ЛЭП, пересекающих автодороги, до поверхности земли, результаты которых представлены в таблице 5.

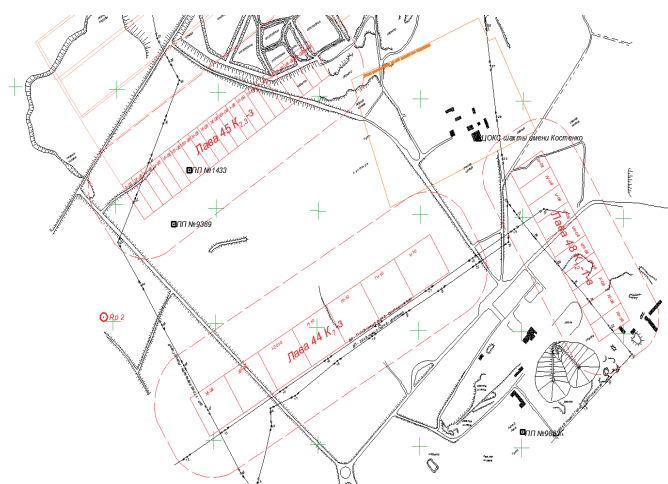


Рис. 3. План расположения очистных лав и опор ЛЭП на территории шахтного поля.

Сурет 3. Тазарту кенжарын орналастыру планы және шахта

аланының аумағындағы ЭБЖ тіректері.

Figure 3. A plan of the location of sewage treatment plants and power transmission poles on the territory of the mine field.

Таблица 5

Результаты съемки проводов ЛЭП

Кесте 5

ЭБЖ сымдарын түсіру нәтижелері

Table 5

The results of the survey of the roll of the power poles

Название ЛЭП	№ опор	Расстояние до земли, м
ВЛ – 110 кВ Караганда – Новый Город	№ 34 – № 35	6,1
ВЛ – 35 кВ Новый Город – Костенко	№ 16 – № 17	7,1

Значения кренов опор ЛЭП согласно правилам эксплуатации электроустановок не должны превышать величины 8×10^{-3} м. Расстояние по вертикали от проводов ЛЭП до поверхности земли в населенной и ненаселенной местности до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 5 м [10].

Результаты исследований

Выбор мер охраны сооружений при разработке угольных месторождений в настоящее время регламентируется «Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок в Карагандинском бассейне». Они определяют: зоны влияния горных разработок, способы охраны сооружений, условия безопасной подработки сооружений, величины параметров процесса сдвижения, способы построения предохранительных целиков под сооружениями различного назначения, методы расчета ожидаемых и вероятных величин сдвижения горных пород и деформаций земной поверхности, экономическую эффективность извлечения запасов из предохранительных целиков с применением мер охраны и другие поясняющие положения.

Характер распределения фактических деформаций соответствует классическим моделям мульды сдвижения. Максимальные значения крена наблюдаются в периферийной зоне мульды и совпадают с участками повышенной кривизны поверхности. Из-за отсутствия полного массива исходных данных (реперных наблюдений и динамики оседания) численные расчетные значения приведены в обобщенной форме. Тем не менее, расчетные тенденции согласуются с инструментальными измерениями, что подтверждает корректность использованной методики и дает возможность выделить локальные зоны концентрации деформаций.

Проведенные наблюдения показали, что для опор линий электропередач ВЛ – 110 кВ «Караганда – Новый Город» № 36, 37, 40, 41, 43; ВЛ – 110 кВ «Новый Город – Сан-

техническая» № 14, 15, 16, 17; ВЛ – 35 кВ «Новый Город – Костенко» № 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25; ВЛ – 35 кВ «Новый Город – Вертикальная» № 21, 22, 23, 24, 25, 26, требования правил эксплуатации не выполняются.

На основании проведенных геодезических изысканий и полученных результатов в целях обеспечения безопасной эксплуатации линий связи и ЛЭП рекомендуется:

- маркшейдерской службе шахты Костенко совместно с эксплуатирующей ЛЭП организацией производить систематические наблюдения за опорами, расположенными непосредственно в зоне подработки;
- в случае необходимости произвести трассировку проводов и центрирование гирлянд изоляторов;
- усилить частоту мониторинга на участках максимальных деформаций и рассмотреть мероприятия по повышению устойчивости опор.

Выводы

1. Выполненные исследования полностью подтверждают наличие деформаций земной поверхности, связанных с влиянием подземной разработки пластов.
2. На исследуемом участке у отдельных опор ЛЭП зафиксированы значения крена, превышающие допустимые нормативные величины.
3. Вертикальный просвет проводов находится в пределах нормы, но требует проведения постоянного мониторинга.
3. Результаты сопоставления расчетных и фактических данных подтверждают корректность использованной методики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004–2015 годы. Астана, 2003. 105 с. (на русском языке)
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Карагандинском угольном бассейне. Караганда, КазВНИМИ, 1997. 135 с. (на русском языке)
3. Орлов Г.В. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки: М.: Горное образование, 2010. 215 с. (на русском языке)
4. Alexey Renev, Sergey Svirko, Alexey Bykadorov, Valery Fedorin. Влияние скорости продвижения механизированной горной выработки с одиночным забоем на смещение земной поверхности в Кузбассе // Веб-конференция по окружающей среде, энергетике и наукам о Земле (E3S), 2017. Т. 15. С. 45–52 (на английском языке)
5. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях ПБ 07-269-98. 2021. 203 с. (на русском языке)
6. Голубев Ф.М., Иванова Л.А. Методика обследования зданий в зонах влияния сосредоточенных деформаций земной поверхности, вызванных подработкой земной поверхности и ликвидацией угольных шахт // Журнал теоретической и прикладной механики. 2021. № 3 (76). С. 46–52 (на русском языке)
7. Urmila Shrawankar, Pranay Mangulkar. Система мониторинга и безопасности для подземных угольных шахт // Международная конференция IEEE по энергетике, окружающей среде и интеллектуальному управлению, 2018. С. 175–181 (на английском языке)
8. Подземный и наземный контроль, мониторинг и интерпретация, численное моделирование и расчет защитной способности / Syd S. Peng [и др.] // Международный журнал горной науки и техники. 2019. Т. 29. Вып. 1. С. 79–85 (на английском языке)
9. Современное маркшейдерско-геодезическое обеспечение эксплуатации горных предприятий / Мустафин М.Г. [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2017. № 4. С. 190–203 (на русском языке)
10. Мониторинг изменений окружающей среды на поверхности в зоне оседания угольной шахты на основе данных дистанционного зондирования из нескольких источников / Wang Hui [и др.] // Рубежи науки о Земле. 2019. Т. 10. С. 3–18 (на английском языке)

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасының 2004–2015 жылдарға арналған экологиялық қауіпсіздік тұжырымдамасы». Астана, 2003. 105 б. (орыс тілінде)
2. Қарағанды көмір бассейніндегі құрылыстар мен табиғи объектілерді жерасты тау-кен қазбаларының зиянды әсерінен қорғау қағидалары. Қарағанды, ҚазБҒЗМИ, 1997. 135 б. (орыс тілінде)
3. Орлов Г.В. Жер асты қазбаларының әсерінен тау жыныстары мен жер бетінің жылжуы: М.: Тау-кен білімі, 2010. 215 б. (орыс тілінде)
4. Alexey Renev, Sergey Svirko, Alexey Bykadorov, Valery Fedorin. Кузбассағы жер бетінің ығысуына бір беті бар тау-кен станогының үдемелі жылдамдығының әсері // Қоршаған Орта, энергетика және жер туралы ғылымдар (E3S) конференциялар желісі, 2017. Т. 15. Б. 45–52 (ағылшын тілінде)
5. Құрылыстар мен табиғи объектілерді көмір кен орындарындағы жерасты тау кен қазбаларының зиянды әсерінен қорғау қағидалары ҚЕ 07-269-98. 2021. 203 б. (орыс тілінде)
6. Голубев Ф.М., Иванова Л.А. Жер бетін өңдеуден және көмір шахталарын жоюдан туындаған жер бетінің шоғырланған деформацияларының әсер ету аймақтарындағы ғимараттарды зерттеу әдістемесі // Теориялық және қолданбалы механика журналы. 2021. № 3 (76). Б. 46–52 (ағылшын тілінде)
7. Urmila Shrawankar, Pranay Mangulkar, Жерасты көмір шахталарына арналған мониторинг және қауіпсіздік жүйесі, IEEE энергетика, қоршаған орта және интеллектуалды басқару жөніндегі халықаралық конференциясы. 2018, Б. 175–181 (на английском языке)
8. Жерасты және жер үсті бақылауы, мониторингі және интерпретациясы, сандық модельдеу және қорғаныс қабілетін есептеу / Syd S. Peng [және т. б.] // Халықаралық тау-кен ғылымы мен техникасы журналы. 2019. Т. 29. Шығ. 1. Б. 79–85 (ағылшын тілінде)
9. Тау-кен кәсіпорындарын пайдалануды заманауи маркшейдерлік-геодезиялық қамтамасыз ету / Мустафин М.Г. [және т. б.] // Тула мемлекеттік университетінің жаңалықтары. Жер туралы ғылымдар. 2017. № 4. Б. 190–203 (орыс тілінде)
10. Бірнеше көздерден алынған қашықтықтан зондау деректері негізінде көмір шахтасының шөгү аймағындағы жер бетіндегі қоршаған ортаның өзгерістерін мониторингтеу / Wang Hui [және т. б.] // Жер туралы ғылымның шекаралары. 2019. Т. 10. Б. 3–18 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Kontseptsiya ekologicheskoi bezopasnosti Respubliki Kazakhstan na 2004–2015 gody [The concept of environmental safety of the Republic of Kazakhstan for 2004–2015]. Astana, 2003. 105 p. (in Russian)
2. Pravila okhrany sooruzhenii i prirodnykh ob'ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok v Karagandinskom ugol'nom basseine [Rules for the protection of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining in the Karaganda coal basin]. Karaganda, KazVNIMI, 1997. 135 p. (in Russian)
3. Orlov G.V. Sdvizhenie gornykh porod i zemnoi poverkhnosti pod vliyaniem podzemnoi razrabotki [Displacement of rocks and the Earth's surface under the influence of underground mining]. Moscow: Gornoe obrazovanie, 2010. 215 p. (in Russian)
4. Alexey Renev, Sergey Svirko, Alexey Bykadorov, Valery Fedorin. The influence of advancing speed of powered mining stope with single face on earth's surface displacing in Kuzbass // Environment, Energy and Earth Sciences (E3S) Web of Conferences, 2017. V. 15. 45–52 pp. (in English)
5. Pravila okhrany sooruzhenii i prirodnykh ob'ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugol'nykh mestorozhdeniyakh PB 07-269-98 [Rules for the protection of structures and natural objects from the harmful effects of underground mining in coal deposits SR 07-269-98]. 2021. 203 p. (in Russian)
6. Golubev F.M., Ivanova L.A. Metodika obsledovaniya zdaniy v zonakh vliyaniya sosredotochennykh deformatsii zemnoi poverkhnosti, vyzvannykh podrobotkoi zemnoi poverkhnosti i likvidatsiei ugol'nykh shakht [Methods of examining buildings in areas of influence of concentrated deformations of the Earth's surface caused by overworking of the Earth's surface and the liquidation of coal mines], Zhurnal teoreticheskoi i prikladnoi mekhaniki [Journal of Theoretical and Applied Mechanics]. 2021. No. 3 (76). 46–52 pp. (in Russian)
7. Urmila Shrawankar, Pranay Mangulkar. Monitoring and Safety System for Underground Coal Mines, Conference // IEEE International Conference on Power Energy, Environment & Intelligent Control, 2018. 175–181 pp. (in English)
8. Underground ground control monitoring and interpretation, and numerical modeling, and shield capacity design / Syd S. Peng [et al.] // International Journal of Mining Science and Technology. 2019. V. 29. Issue 1. 79–85 pp. (in English)
9. Sovremennoe marksheidersko-geodezicheskoe obespechenie ekspluatatsii gornykh predpriyatii [Modern surveying and geodetic maintenance of mining enterprises], Mustafin M.G. [et al.], Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle [Proceedings of Tula State University. The Earth sciences]. 2017. No. 4. 190–203 pp. (in Russian)
10. Monitoring environmental changes on the surface in the coal mine subsidence zone based on remote sensing data from several sources / Wang Hui [et al.] // Frontiers of the Earth Science. 2019. V. 10. 3–18 pp. (in English)

Сведения об авторах:

Бесимбаева О.Г., к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), bog250456@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8132-1505>

Хмырова Е.Н., к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), hmyrova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5763-327X>

Игемберлина М.Б., доктор Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), igemberlina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4243-7748>

Жунусова Г.Е., к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), lena_gulya@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5472-4061>

Авторлар туралы мәліметтер:

Бесимбаева О.Г., т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Хмырова Е.Н., т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Игемберлина М.Б., Ph.D докторы, «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Жунусова Г.Е., т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Besimbayeva O.G., Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Khmyrova E.N., Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Igemberlina M.B., Doctor of Ph.D, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Zhunussova G.E., Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)



БЕЗОПАСНОСТЬ ТЭК

ФОРУМ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

12-13 МАРТА 2026
МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН 57

ОРГАНИЗАТОР



SFEXPO.RU