

Код МРНТИ 36.23.31: 52.13.05

*М.Б. Игемберлина, Н.Ф. Низаметдинов, Г.Е. Жунусова, Г. Рахимов

*Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»
(г. Караганда, Казахстан)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА СДВИЖЕНИЕМ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. В статье обосновано создание геодинамического полигона, а также требования, предъявляемые к его структуре. Проведен анализ современных технологий, средств и способов ведения геодезического мониторинга. Показано совершенствование методики маркшейдерско-геодезических наблюдений за оседанием земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых. Приведены методы проведения комплексного геодезического мониторинга: традиционный инструментальный контроль методом высокоточного нивелирования, системы глобального позиционирования и использование беспилотных летательных аппаратов. Установлена целесообразность создания геодинамического полигона, закладки мониторинговых пилонов и грунтовых геодезических реперов. Проведение комплексного геодезического мониторинга производится по профильным линиям, опорным и контрольным пунктам, заложенным в зоне возникновения сдвижения земной поверхности.

Ключевые слова: геодинамический полигон, сдвижение земной поверхности, профильная линия, наблюдательная станция, геодезический мониторинг, высокоточное нивелирование, беспилотный летательный аппарат, мониторинговый пилон, грунтовый геодезический репер, комплексный подход.

Жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторингті жүргізу үшін геодинамикалық полигонды жобалау

Андатпа. Мақалада геодинамикалық көпбұрышты құру негіздемесі, сонымен қатар құрылымына қойылатын талаптар, қазіргі заманғы технологияларды талдау, геодезиялық мониторинг жүргізудің құралдары мен әдістері қарастырылған. Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде маркшейдерлік және жер бетінің шөгуге геодезиялық бақылау жүргізу әдісін жетілдіру көрсетілген. Кешенді геодезиялық бақылауды жүргізу әдістері келтірілген: жоғары дәлдіктегі нивелирлеу әдісімен дәстүрлі аспаптық бақылау, ғаламдық позициялау жүйелері және ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану. Геодинамикалық полигон құрудың, бақылау бағандарын және топырақтың геодезиялық эталондарын төсеудің мақсатқа сай екендігі белгіленді. Кешенді геодезиялық бақылау профильдік сызықтар, жер бетінің жылжуының пайда болу аймағында салынған тірек және бақылау нүктелері бойынша жүргізіледі.

Түйінді сөздер: геодинамикалық полигон, жер бетінің жылжуы, профиль сызығы, бақылау станциясы, геодезиялық мониторинг, жоғары дәлдіктегі нивелирлеу, ұшқышсыз ұшатын аппарат, мониторингтік пилон, топырақ геодезиялық репер, кешенді тәсіл.

Design of a geodynamic polygon for geodetic monitoring of the movement of the earth's surface

Abstract. The article substantiates the creation of a geodynamic polygon, as well as the requirements for the structure, analysis of modern technologies, means and methods of conducting geodetic monitoring. The improvement of the technique of mine surveying and geodetic observations of subsidence of the earth's surface during the development of mineral deposits is shown. Methods for carrying out complex geodetic monitoring are given: traditional instrumental control by the method of high-precision leveling, global positioning systems and the use of unmanned aerial vehicles. The expediency of creating a geodynamic polygon, laying monitoring pylons and soil geodesic benchmarks has been established. Comprehensive geodetic monitoring is carried out along profile lines, reference and control points laid in the zone of occurrence of the earth's surface displacement.

Key words: geodynamic polygon, displacement of the Earth's surface, profile line, observation station, geodetic monitoring, high-precision leveling, unmanned aerial vehicles, monitoring pylon, ground geodetic reference point, integrated approach.

Введение

Интенсивное ведение подземных горных работ, увеличение глубины разработки, особенности повторной отработки, при которой ведется выемка запасов из ранее оставленных межкамерных и барьерных целиков с плавным обрушением налегающей толщи горных пород, оказывают негативное воздействие на состояние массива горных пород и земной поверхности на подрабатываемых территориях, что в свою очередь не исключает возможность ухудшения геомеханической ситуации. Для обеспечения получения достоверной информации о состоянии процесса сдвижения горных пород и земной поверхности наиболее приемлемым является создание геодинамического полигона (ГДП) и проведение комплексного геодезического мониторинга.

Оперативное и своевременное прогнозирование сдвижения и деформации земной поверхности позволяет предпринять своевременные меры и снизить негативные последствия ведения горных работ. Данный вопрос может быть изучен посредством проведения мониторинга деформаций земной поверхности, основанного на применении современных технологий и оборудования с последующей обработкой и анализом полученных результатов и их сопоставлением [1].

Комплексное изучение, оценка и объективный прогноз техногенной сейсмичности и смещений земной коры при разработке месторождений невозможны без организации мониторинга деформирования земной поверхности, т. е. без создания геодинамических полигонов. Под термином «геодинамический

полигон» понимается целесобразно выбранная территория, на которой выполняются геодезические, астрономические, гравиметрические и геофизические наблюдения, результаты которых используют для определения движения пунктов земной поверхности. Геодинамические полигоны иногда называют «модельными областями». На большей части геодинамических полигонов исследования ведутся комплексно: одновременно с изучением движения земной коры, как правило, геодезическими методами проводится широкий комплекс геофизических, геологических, геоморфологических исследований, имеющих целью получение количественных характеристик стабильности взаимного положения точек земной поверхности во времени¹.

¹Земцова А.В. Геодезические исследования геодинамических процессов. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 205 с.

Основной целью создания техногенных геодинамических полигонов является изучение сдвижения земной поверхности на территориях эксплуатируемых месторождений жидких, газообразных, твердых полезных ископаемых.

При проведении комплексного мониторинга основной задачей является изучение основных параметров процесса сдвижения земной поверхности и горных пород, выявление опасных зон возможных обрушений, прогнозирование техногенного влияния от интенсивного ведения горных работ. При решении данного вопроса, наряду с различными методами, важнейшее значение имеют высокоточные геодезические работы.

Основной отличительной особенностью ГДП в первую очередь является возможность наиболее детального исследования условий, при которых проводятся геодезические наблюдения на всех пунктах. Особое внимание при исследовании сдвижения земной поверхности должно быть уделено качеству производимых измерений и точности полученных результатов.

Одним из важных критериев построения геодинамических сетей на ГДП является оптимальное количество пунктов в сети: чтобы определить нужное их количество, необходимо учитывать особенности геолого-тектонического строения участка (наличие геологических нарушений), стадию разработки месторождения (планируется ли строительство новых объектов), степень его техногенной нагрузки (концентрация объектов обустройства), площадь участка и горного отвода, количество выделенных геоблоков, положение зон геодинамического риска относительно существующих и проектируемых сооружений [2].

В зависимости от цели проводимых исследований ГДП подразделяются на следующие основные типы:

- региональные – для определения сдвижения земной поверхности на значительных территориях;
- прогностические, целью которых является изучение предвестников

Таблица 1
Координаты пунктов геодезической сети
Геодезиялық торап пункттерінің координаттары
Coordinates of points of the geodetic network

Тригопункты	X	Y	H
Сай	82656,3	51314,550	406,388
Пирамида-55	83485,209	54240,398	427,201
Пирамида 6	82910,562	57048,364	422,805
Комсомольская	81769,481	57548,268	411,520
Амангелды	81106,103	55764,067	426,350
Красноармейская	81031,514	53264,248	423,658
ГМБ-13	80513,621	56352,145	417,366
Тумба «А»	80374,079	53904,494	403,454

землетрясений и проведение сейсмического районирования территорий;

- техногенные, которые создаются в районах разработки месторождений полезных ископаемых; целью их создания является изучение сдвижения горного массива и земной поверхности непосредственно на месторождении и прилегающей к нему территории для прогноза возможных катастрофических явлений в виде обрушений;

- специальные полигоны создаются на территории атомных и гидроэлектростанций и служат для выявления характера и скорости сдвижения земной коры, максимальной сейсмической опасности в районах строительства, решения вопроса стабильности земной поверхности.

Наблюдения на ГДП проводятся на относительно малых участках земной поверхности, которые обычно выбирают в районах активных разломов, на стыках отдельных геологических блоков, в сейсмоактивных областях. Геодинамические полигоны оборудованы высококачественными геодезическими и геофизическими приборами, позволяющими производить высокоточные измерения высот, пространственных координат, гравитационного и других геофизических полей [3].

К проектированию геодинамического полигона предъявляются следующие требования: закладка пунктов сети с достаточной

надежностью; ведение высокоточных измерений с применением современных геодезических приборов и технологий; обработка результатов измерений с высокой степенью надежности; обеспечение требуемой достоверности полученных результатов геодезических наблюдений.

При проектировании геодезических построений на ГДП необходимо максимально возможно учитывать имеющиеся данные о модели движений земной коры в данном районе, о его основных тектонических нарушениях и геологическом строении. Требуется, чтобы каждый ГДП являлся совокупностью взаимосвязанных профилей, которые должны пересекать существующие или предполагаемые разломы.

Схемы контролируемых геодезических построений должны постоянно уточняться. К способам уточнения таких схем относятся: создание в отдельных, наиболее ослабленных тектоническими нарушениями районах локальных построений типа деформационных станций; расширение состава измерений гравиметрическими, спутниковыми и другими способами; увеличение частоты измерений².

На полигонах необходимо создать систему геодезических построений так, чтобы была возможность фиксировать информацию для проведения исследований. ГДП, как правило, используются для мониторинга

²Мазуров Б.Т. Моделирование структурированных геодинамических объектов и оптимизация системы наблюдений. / Дисс... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1996. – 23 с.

и изучения тектонических и техногенных процессов, которые, в свою очередь, обуславливают изменение физико-механических свойств и состояния горных пород.

Методы исследования

На основании изучения результатов многолетних наблюдений за состоянием горного массива и земной поверхности на Жезказганском месторождении различными методами установлено, что существует вероятность резкого ухудшения геомеханического состояния выработанного пространства, что окажет негативное влияние на процесс сдвижения земной поверхности и появления зон возможных обрушений.

Нестабильность геомеханического состояния на исследуемом участке в первую очередь обусловлено сложными горно-геологическими условиями Жезказганского месторождения и тем, что исследуемая территория пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово находится в эпицентре активного ведения горных работ подземным и открытым способами [4]. На территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово, находящихся непосредственно в зоне ведения повторной отработки, начиная с 1997 г. и по сегодняшний день мониторинг процессов сдвижения земной поверхности проводился в основном посредством инструментальных наблюдений, в результате которых определялись оседания реперов профильных линий.

Для обеспечения безопасного ведения горных работ, своевременного выявления наиболее опасных зон и предотвращения чрезвычайных ситуаций целесообразно создание геодинимического полигона на исследуемой территории. И будет наиболее эффективным проведение комплексного мониторинга за сдвижением и деформациями земной поверхности на исследуемом участке. Под комплексным мониторингом подразумевается использование, наряду с инструментальными наблюдениями, GPS технологий и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В перспективе планируется проведение воздушного лазерного сканирования



Рис. 1. Структура проведения комплексного мониторинга на Жезказганском месторождении.

Сурет 1. Жезказган кен орнында кешенді мониторинг жүргізу құрылымы.

Figure 1. The structure of integrated monitoring at the Zhezkazgan field.

с помощью БПЛА для создания цифровой модели земной поверхности на исследуемом участке. Сущность данного метода съемки заключается в создании цифровых моделей рельефа и трехмерной модели районов интенсивного ведения разработок полезных ископаемых³ [5].

В целях получения более достоверной и детальной информации о процессе сдвижения земной поверхности на значительной территории возникает обоснованная необходимость проведения комплексного мониторинга, что обеспечивает своевременное выявление опасных зон, подверженных возникновению деформаций и принятие мер по их устранению. Для повышения точности наблюдений за сдвижением земной поверхности требуется создание методики на принципиально новой инструментальной базе, включающей цифровые нивелиры, спутниковые методы измерений (GNSS и GPS), методы воздушного лазерного сканирования.

Применение современных методов спутниковой геодезии для наблюдений за процессом деформаций земной поверхности позволяет проводить исследования на более высоком качественном уровне. Измерения, проводимые с использованием современных геодезических

комплексов, показали свою высокую эффективность для решения задач геодинамики, благодаря чему стали возможными не только дискретные измерения, но и регулярный мониторинг деформаций и напряжений, происходящих в земной коре.

Результаты исследования

Проведение комплексного мониторинга ГДП по сети профильных линий, расположенных на территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово, дает возможность определения не только вертикальных, но и горизонтальных смещений по наблюдаемым реперам (рис. 1).

Система GPS является в настоящее время одной из наиболее технологичных и развитых навигационных спутниковых систем. Существует много модификаций методов наблюдений, опирающихся на использование статистических приемов повышения точности, которые широко используются в навигационных измерениях и геодезических задачах. Для решения задач геодинимического направления преимущественно используется статический режим наблюдений, фазовый метод позиционирования. В качестве приемных средств GPS пригодными являются двухчастотные приемники с числом каналов не менее 8. При этом необходимо строгое соблюдение других

³Орлов Г.В. Сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки. – М.: Горная книга, 2010. – 198 с.

Типы и группы геодезических спутниковых приемников

Таблица 2

Геодезиялық спутниктік қабылдағыштардың түрлері мен топтары

Кесте 2

Types and groups of geodetic satellite receivers

Table 2

Тип приемника	Группа	Число каналов, не менее	Частоты	Точность
Двухсистемные двухчастотные и более	1	24	L1/L2 (GPS)+L1/L2 L1 (ГЛОНАСС)	3 мм + 1 × 10 ⁻⁶ D
Односистемные двухчастотные	2	9	L1/L2 (GPS) или L1/L2 (ГЛОНАСС)	(3-5) мм + 1 × 10 ⁻⁶ D
Односистемные одночастотные	3	9	L1 (GPS) или L1 (ГЛОНАСС)	10 мм + 1 × 10 ⁻⁶ D

требований к системам, регламенту и методике в целом [6].

На исследуемом участке Жезказганского месторождения расположены пункты геодезической сети: Сай, Космопольская, Пирамида 6, Пирамида 55, Тумба А, Амангельды, Красноармейская, ГМБ-13 и профильные линии. Некоторые из указанных геодезических пунктов расположены непосредственно в зоне ведения повторной отработки или в общей зоне влияния подземных горных работ. Тригопункт Сай находится за пределами непосредственного влияния горных работ.

Основным преимуществом геодинимического полигона на территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово является то, что профильные линии проложены практически по всему наблюдаемому участку вдоль основных автомобильных дорог [7]. Наблюдательная станция на территории пос. Жезказган состоит из девяти профильных линий, включающих 137 реперов общей протяженностью 4390 м. Наблюдательная станция на территории пос. ГРП-Лермонтово представлена четырьмя профильными линиями, включающими 53 репера, общая протяженность составляет 2965 м. На рис. 2 представлены основные элементы геодинимического полигона: исследуемая территория поселков Жезказган и ГРП-Лермонтово 1, геодезические тригопункты 2, опорный репер 3, профильные линии 4, заложенные вдоль основных автомобильных дорог, рабочие реперы 5.

При проведении мониторинга в рамках геодинимического полигона предполагается переопределение

координат пунктов геодезической сети и реперов профильных линий, расположенных на территории пос. Жезказган и ГРП-Лермонтово от исходного тригопункта Сай (рис. 3).

Принцип использования GPS технологий при мониторинге сдвижения земной поверхности основан на переопределении координат связующих пунктов профильных линий, входящих в геодинимический полигон с помощью GPS приемников и базовой станции. Переопределение координат осуществляется в режиме «Статика», который представляет собой длительное выполнение измерений на каждом из пунктов геодинимического полигона³.

Обсуждение результатов

Длительность измерений зависит от нескольких факторов, например, от таких, как количество одновременно

наблюдаемых спутников, расстояние между пунктами, технические характеристики используемого оборудования и точность, с которой необходимо определить координаты наблюдаемых пунктов. Производство измерений на каждом пункте составляет не менее одного часа. При производстве измерений в режиме «статика» используются два приемника: один из них (базовая станция) устанавливаются в точке с известными координатами, а второй (ровер) располагают на другом конце базовой линии. Данные записываются обоими приемниками одновременно, с одной и той же частотой или интервалом. Как правило, величина интервала составляет 5 с, 15 с, 30 с или 60 с. Приемники выполняют запись данных в течение некоторого отрезка времени. Длинные линии требуют

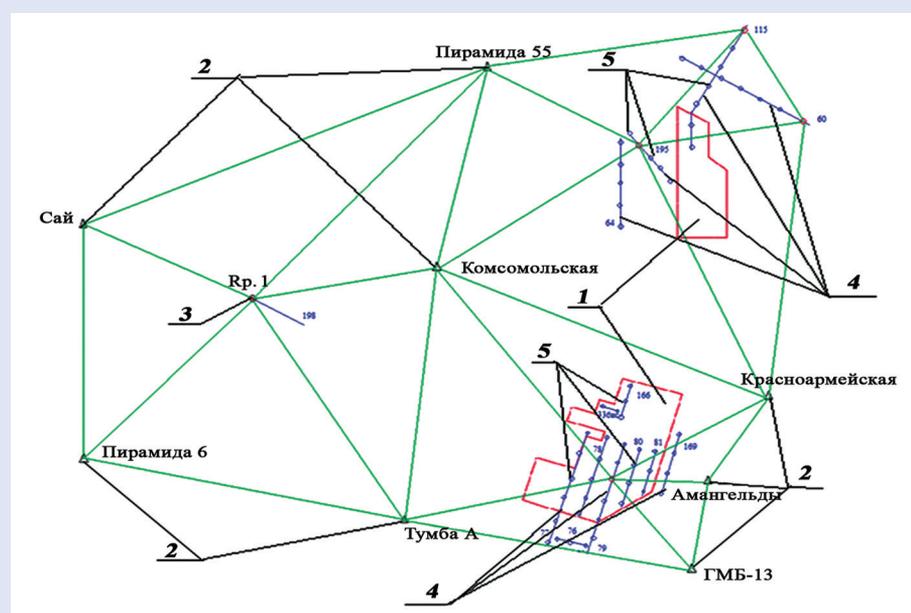


Рис. 2. Схема геодинимического полигона. Сурет 2. Геодинимикалық полигонның схемасы. Figure 2. Geodynamic polygon diagram.

более длительного периода наблюдений. После накопления достаточного количества данных приемники можно выключить. Ровер может перемещаться на следующую определяемую точку для измерения следующей базовой линии. Очень важно произвести избыточные измерения в сети. Например, выполнить измерения на точках, по крайней мере, дважды или измерения дополнительных векторов, чтобы избежать проблем, которые иначе нельзя обнаружить. Производительность осуществляемых измерений можно увеличить за счет добавления количества дополнительных роверов [8, 9].

До недавнего времени существовали только односистемные и одночастотные геодезические приемники (GPS L1), которые должны были подолгу находиться на измеряемом пункте, точность измерений была низкой. С появлением второй частоты L2 точность значительно возросла, а время проведения геодезических измерений существенно уменьшилось. Сравнительная характеристика типов и групп геодезических спутниковых приемников по точности измерений приведена в табл. 2.

В рамках проведенного обзора было установлено, что основной задачей спутниковых технологий является создание съемочной геодезической основы подрабатываемых

территорий. Однако, применение спутниковых наблюдений нельзя ограничить только определением высотных отметок опорных и рабочих реперов. Отмеченные особенности комплексного мониторинга обуславливают целесообразность сочетания различных способов, основной задачей которых является получение достоверных данных, отвечающих требуемой точности.

При проведении мониторинга в рамках геодезического полигона предполагаются систематические переопределения координат опорных, грунтовых и отдельных связующих реперов с помощью GPS технологий, целью этих измерений является исследование и анализ изменения геодезических параметров. Основной задачей является перспективное исследование трендовых и циклических геодезических движений. Следует отметить, что методы спутниковой геодезии значительным образом изменяют традиционную технологию ведения геодезических работ.

Заключение

По результатам очередной серии измерений и сравнения их с результатами предыдущих серий можно судить о процессе деформирования массива горных пород. При этом важным дополнением к инструментальным измерениям служит

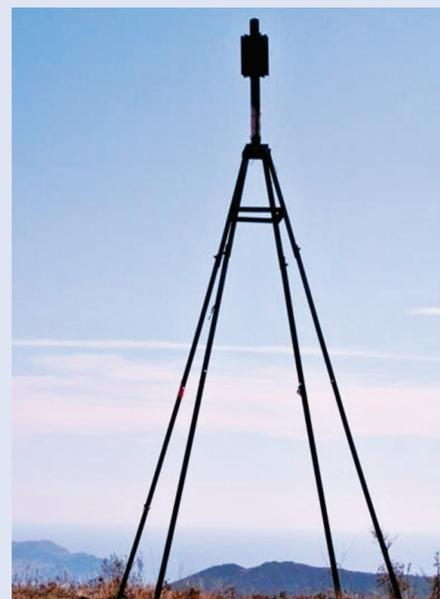


Рис. 3. Тригопункт Сай.
Сурет 3. Сай тригопункті.
Figure 3. Trigopunct Sai.

визуальный осмотр объектов, подлежащих охране, и земной поверхности, в случаях, когда деформации заметны невооруженным взглядом [6].

В сложных геомеханических условиях отработки Жезказганского месторождения, кроме высокоточных инструментальных наблюдений, используются и другие способы мониторинга: сейсмический контроль, радарная интерферометрия, глобальная спутниковая навигация (GPS), прогнозные методы расчета оседания земной поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К. Применение современных технологий при проведении геодезического мониторинга сдвижений земной поверхности. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – №3. – С. 19-23 (на русском языке)
2. Генике А.А., Черненко В.Н. Комплексные исследования на локальных геодезических полигонах. // Геопрофи. – 2003. – №2. – С. 11-16 (на русском языке)
3. Игемберлина М.Б., Сеитұлы Қ., Естаева А.Р. Проведение геодезического мониторинга за сдвижением земной поверхности с GPS. // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0». – Алматы, 2019. – С. 150-154 (на русском языке)
4. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Станкова Х. Создание геодезического полигона для проведения наблюдений за сдвижением земной поверхности. // Труды Международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан. – Караганда, 2021. – С. 1184-1186 (на русском языке)
5. Chao Liu, Jingxiang Gao, Jian Wang, Feng Zhou. Некоторые проблемы применения методики GPS RTK для мониторинга просадок горных работ. // Международный журнал горной науки и технологий. – 2012. – №22(2). – С. 223-228 (на английском языке)

6. Панжин А.А., Панжина Н.А. Об особенностях проведения геодинимического мониторинга при разработке месторождений полезных ископаемых Урала с использованием комплексов спутниковой геодезии. // ФТРПИ. – 2012. – №6. – С. 46-55 (на русском языке)
7. Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stanková H., Baturshaeva Zh.M. Анализ смещений земной поверхности под влиянием повторных горных работ в Жезказганском районе. // Журнал горной науки. – 2021. – Т. 57. – Вып. 2. – С. 184-189 (на английском языке)
8. Erdelyi J., Koracik A., Liptak I., Kyrinovic P. Автоматизация обработки облака точек для повышения точности мониторинга деформаций. // Прикладная геоматика. – 2017. – №9. – Вып. 2. – С. 105-113 (на английском языке)
9. Liang B., Yue C., Chen X.H., Wang B., Sun X.K. Исследование деформационного мониторинга на основе технологии трехмерного лазерного сканирования грунта. // Передовые исследования материалов. – 2014. – №1022. – С. 387-391 (на английском языке)

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергеннова А.К. Жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторинг жүргізу кезінде заманауи технологияларды қолдану. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2020. – №3. – Б. 19-23 (орыс тілінде)
2. Генике А.А., Черненко В.Н. Жергілікті геодинимикалық полигондардағы кешенді зерттеулер. // Геопрофи. – 2003. – №2. – Б. 11-16 (орыс тілінде)
3. Игемберлина М.Б., Сейітұлы Қ., Естаева А.Р. GPS көмегімен жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторинг жүргізу. // «4.0 Индустрия жағдайында минералдық және техногендік шикізатты ұтымды пайдалану» ғылыми-практикалық халықаралық конференциясының еңбектер жинағы. – Алматы, 2019. – Б. 150-154 (орыс тілінде)
4. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Станкова Х. Жер бетінің жылжуын бақылау үшін геодинимикалық полигон құру. // Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Ғылым, Білім және өндірісті интеграциялау – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» (№13 Сағынов оқулары): Халықаралық ғылыми-практикалық интернет-конференциясының материалдары. – 2021. – Б. 1184-1186 (орыс тілінде)
5. Chao Liu, Jingxiang Gao, Jian Wang, Feng Zhou. Тау жыныстарының шөгуді бақылау үшін GPS RTK әдісін қолданудың кейбір мәселелері. // Тау-кен ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2012. – №22(2) – Б. 223-228 (ағылшын тілінде)
6. Панжин А.А., Панжина Н.А. Спутниктік геодезия кешендерін пайдалана отырып. Оралдың пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезінде геодинимикалық мониторинг жүргізу ерекшеліктері туралы. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 2012. – №6. – Б. 46-55 (орыс тілінде)
7. Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stanková H., Baturshaeva Zh.M. Жезқазған ауданындағы қайталама тау-кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің жылжуын талдау. // Тау-кен ғылымының журналы. – 2021. – Т. 57. – Шығ. 2. – Б. 184-189 (ағылшын тілінде)
8. Erdelyi J., Koracik A., Liptak I., Kyrinovic P. Деформацияны бақылау дәлдігін арттыру үшін нүктелік бұлтты өңдеуді автоматтандыру. // Қолданбалы геоматика. – 2017. – №9. – Шығ. 2. – Б. 105-113 (ағылшын тілінде)
9. Liang B., Yue C., Chen X.H., Wang B., Sun X.K. Жердегі үш өлшемді лазерлік сканерлеу технологиясы негізінде деформация мониторингін зерттеу. // Жетілдірілген материалдарды зерттеу – 2014. – №1022. – Б. 387-391 (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Igemberlina M.B., Nizametdinov R.F., Estaeva A.R., Satbergenova A.K. Primenenie sovremennykh texnologij pri provedenii geodezicheskogo monitoringa sdvizhenij zemnoj poverxnosti [Application of modern technologies in Geodetic monitoring of the Earth's surface displacement]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – №3. – P. 19-23 (in Russian)
2. Genike A.A., Chernenko V. N. Kompleksnyye issledovaniya na lokal'nyx geodinamicheskix poligonax [Complex research on local Geodynamic landfills]. // Geoprofi. – 2003. – №2. – P. 11-16 (in Russian)
3. Igemberlina M.B., Seituly K., Estaeva A.R. Provedenie geodezicheskogo monitoringa za sdvizheniem zemnoj poverxnosti s GPS [Conducting geodetic monitoring of the Earth's surface movement with GPS]. // Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii

- «Racional'noe ispol'zovanie mineral'nogo i texnogenogo syr'ya v usloviyax Industrii 4.0» = *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Rational use of mineral and man-made raw materials in the conditions of Industry 4.0»*. – Almaty, 2019. – P.150-154 (in Russian)
4. *Igemberlina M.B., Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Stankova H. Sozдание geodinamicheskogo poligona dlya provedeniya nablyudenij za sdvizheniem zemnoj poverxnosti [Creation of a Geodynamic landfill for monitoring the displacement of the Earth's surface]. // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj online konferencii «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana nacii» (Saginovskie chteniya №13), posvyashhennoj 30-letiyu Nezavisimosti Respubliki Kazaxstan = Materials of the International Scientific and practical Internet Conference «integration of Science, Education and production-the basis for the implementation of the national plan» (Saginov readings №13), dedicated to the 30th anniversary of independence of the Republic of Kazakhstan. – 2021. – P. 1184-1186 (in Russian)*
 5. *Chao Liu, Jingxiang Gao, Jian Wang, Feng Zhou. Some problems of GPS RTK technique application to mining subsidence monitoring. International Journal of Mining Science and Technology. – 2012. – №22(2). – P. 223-228 (in English)*
 6. *Panjin A.A., Panzhina N.A. Ob osobennostyax provedeniya geodinamicheskogo monitoringa pri razrabotke mestorozhdenij poleznyx iskopaemyx Urala s ispol'zovaniem kompleksov sputnikovoj geodezii [About the peculiarities of geodynamic monitoring during the development of mineral deposits in the Urals using satellite geodesy complexes]. // FTRPI = Physical and Technical Problems of Mineral Development. – 2012. – №6. – P.46-55 (in Russian)*
 7. *Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Igemberlina M.B., Stanková H., Batyrshaeva Zh.M. Analysis of Ground Surface Displacements under the Influence of Repeated Mining Activities in the Zhezkazgan Area. // Journal of Mining Science. – 2021. – Vol. 57. – Issue 2. – P. 184-189 (in English)*
 8. *Erdelyi J., Kopacik A., Liptak I., Kyrinovic P. Automation of point cloud processing to increase the deformation monitoring accuracy. // Applied Geomatics. – 2017. – №9. Issue 2. – P. 105-113 (in English)*
 9. *Liang B., Yue C., Chen X.H., Wang B., Sun X.K. The study of deformation monitoring based on the ground three-dimensional laser scanning technology. // Advanced Materials Research. – 2014. – №1022. – P. 387-391 (in English)*

Сведения об авторах:

Игемберлина М.Б., магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), igemberlina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4243-7748>

Низаметдинов Н.Ф., канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), leica@geobusiness.kz; <https://orcid.org/0000-0002-8881-1259>

Жунусова Г.Е., канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), lena_gulya@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5472-4061>

Рахимов Г., канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), gelman.rakhimov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4930-4075>

Авторлар туралы мәлімет:

Игемберлина М.Б., техника ғылымдарының магистрі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Низаметдинов Н.Ф., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Жунусова Г.Е., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Рахимов Г., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Igemberlina M.B., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Nizametdinov N.F., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Zhunussova G.E., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Rakhimov G., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Surveying and Geodesy of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda State Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)