

Кожаев Ж.Т., Салкынов А.Т.,
Байгурин Ж.Д.,
Имансакипова А.Б.

**Управление рисками
при изучении вопросов
сдвижения горных пород**

В статье приводится геомониторинг деформаций земной поверхности в ослабленных зонах месторождения по данным комплексного использования результатов топографо-геодезических наблюдений и современных технологий космической радиолокационной интерферометрии. На участке Анненского рудника при добыче полезных ископаемых на протяжении длительного периода образовалась густая сеть различных горных выработок, которые привели к техногенным процессам в виде мульды оседания и обрушения земной поверхности. В районе мульды оседания сохранились значительные запасы полезных ископаемых, которые в настоящее время не осваиваются. Предложена комплексная технология наблюдений за напряженно-деформированным состоянием горных пород на ослабленных зонах месторождения, что позволит повысить эффективность горных пород при соблюдении норм и требований безопасности их проведении.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, геомеханические процессы, интерферометрия, космическая радарная съемка, сдвижения горных пород, скважинная рефлектометрия.

Kozhayev Zh.T., Salkynov A.T.,
Baygurin Zh.D.,
Imansakipova A.B.

**Risk management issues in the
study of strata movement**

This article provides geo monitoring ground deformation in the weakened areas of the deposit according to the results of the integrated use of topographic and geodetic observations and modern technology of space radar interferometry. On the plot Ann mine, with mining operations in which over a long period formed a dense network of various mines, which led to industrial processes, as a trough of subsidence and collapse of the Earth's surface. In the area of basin subsidence remained significant mineral reserves, which are currently not utilized. A comprehensive surveillance technologies and modern methods of stress-strain state of rocks in the field weakened areas that will improve the efficiency of rocks subject to the standards and safety requirements of their holding.

Key words: Remote sensing, geo-mechanical processes, interferometry, space radar imagery, strata movement, wells reflectometry.

Кожаев Ж.Т.,
Салкынов А.Т., Байгурин Ж.Д.,
Имансакипова А.Б.

**Тау-кен жыныстарының
жылжуын шешудегі
тәуекелдерді басқару**

Мақалада заманауи ғарыштық радиолокациондық интерферометрия технологиясының және топографиялық геодезиялық бақылаудың кешендік нәтижелерін қолданып, Жер бетінің кенорындағы әлсіз аймағын геомониторингтік деформациясын бақылау туралы келтірілген. Анненск кенішінде пайдалы қазындыларды өндіру кезінде, тау-кен қазбаларының әртүрлі жиі торлары ретінде жер бетінің опырылуына және отыруына әкеп соқтыратын мульда түріндегі техногендік процесстер жиі кездеседі. Мульда отыру аумақтарында пайдалы қазындылардың біраз қорлары сақталған, олар қазіргі таңда өндіріліп жатқан жоқ. Кенорынның осал аймақтарында тау-кен жынысының шиеленіскен-деформациялық күйін заманауи әдіспен бақылаудың кешендік технологиясы ұсынылды, бұл жұмысты жүргізудің қауіпсіздігінің талаптарын және нормасын сақтап тау-кен жұмыстарының тиімділігін арттырады.

Түйін сөздер: Жерді қашықтықтан зерделеу, геомеханикалық процесстер, интерферометрия, ғарыштық радарлық түсіріс, тау-кен жыныстарының жылжуы, скважиналық рефлектометрия.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВОПРОСОВ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Введение

В условиях повышающейся неопределенности конкурентной рыночной среды вопросы управления рисками, связанными с изучением сдвига горных пород при разработке месторождений, являются причинным фактором резкого роста различных видов риска.

В практике исследования вопросами по управлению рисками имеется много примеров в различных сферах товаропроизводителей. Предложены классификации предпринимательских рисков при выпуске продукции и их реализации на рынке. Однако они не всегда и не в полной мере отражают аспекты рисков при создании на всех этапах конечной продукции от множества случайных факторов и явлений.

Поэтому многие исследователи считают, что каждое предприятие независимо от сферы собственной деятельности и выпускаемой продукции подвергается возможному широкому набору рисков.

Горное предприятие в целом считается весьма сложным объектом, которое постоянно подвергается негативному техногенному воздействию при освоении минеральных ресурсов. Недостаточно обоснованное, неупорядоченное освоение недр может привести к чрезвычайным ситуациям на горнодобывающем объекте и большим экономическим убыткам [1, 2, 3, 4].

Район исследования

Известно, что Жезказганское месторождение меди относится к осадочным и при производстве разведочных работ установлено, что строение рудных участков относятся к сложноструктурным месторождениям. В процессе разработки месторождения рудные тела подверглись сильным тектоническим преобразованиям, т.е. образовались флексурные складки и тектонические нарушения. Так на участке Анненского рудника (восточная часть месторождения) в результате ведения горных работ на протяжении длительного периода образовалась густая сеть различных горных выработок, которые привели к техногенным процессам в виде оседания и обрушения земной поверхности.

Интенсивность, глубина и масштабы горных работ, а также длительность разработки месторождения приводят к росту величин сдвижения горных пород. При этом смещаются большие

объемы массива, изменяется геометрия пустот в массиве за счет роста объема разрушенных горных пород (целиков, кровли, налегающей толщи, иногда и земной поверхности) (рисунок 1).

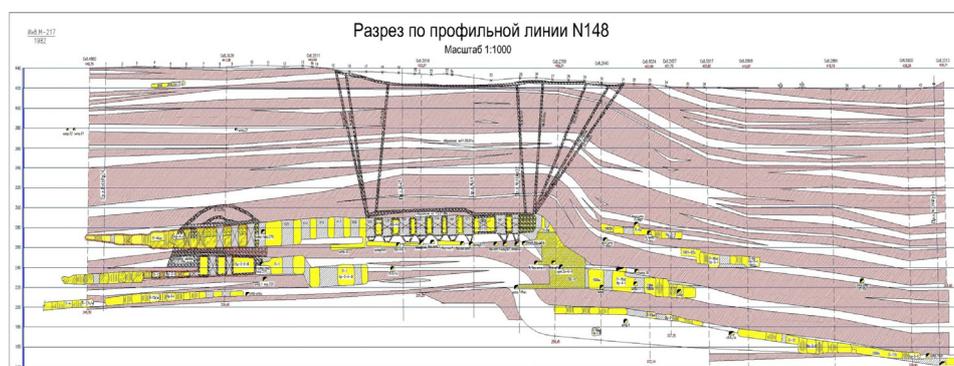


Рисунок 1 – Фрагмент оседания земной поверхности по профильной линии №148 в шахте с выходом на поверхность

Исходные данные и методы исследования

За процессами оседания земной поверхности принята система геомеханического мониторинга Жезказганского месторождения, в качестве основных методов наблюдения были использованы:

– методы высокоточного нивелирования;

– скважинная рефлектометрия;
– космическая радарная съемка.

Первоначальные наблюдения по результатам космических и геодезических съемок позволили установить наибольшие оседания земной поверхности (до 35 мм) в юго-восточной части медно-рудного месторождения (рисунок 2).

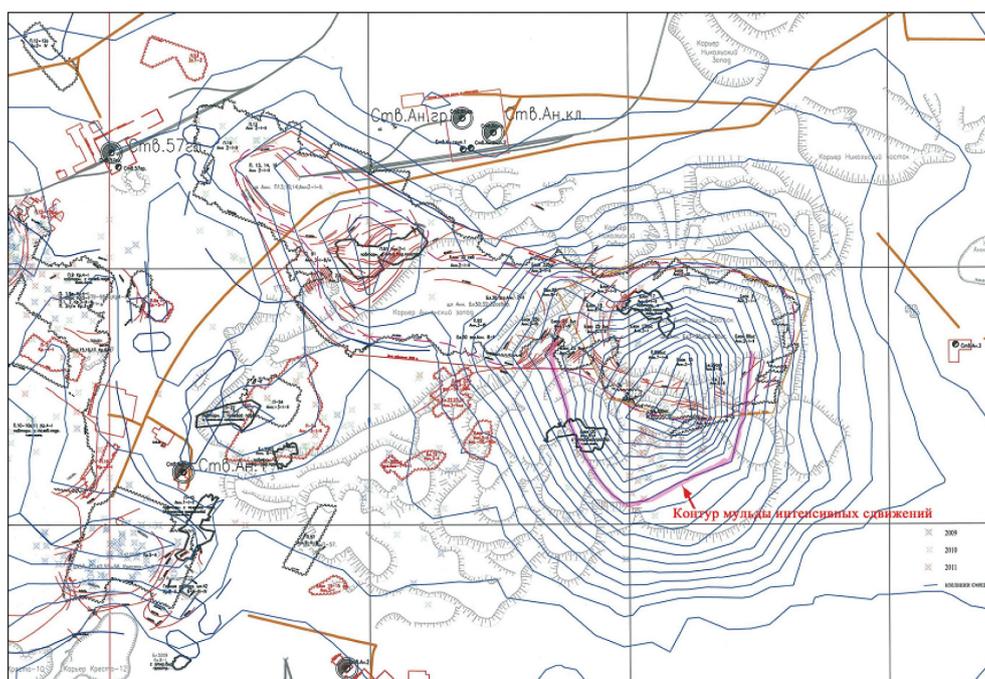


Рисунок 2 - Карта оседания земной поверхности в Анненском горном районе по предварительным данным космической радарной съемки

Своевременное исследование деформационных процессов, их контроль и прогноз определяют во многих случаях положительное влияние на эффективность и безопасность разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Практический прогноз может быть осуществлен в результате непрерывного слежения в пространстве и во времени за деформационными процессами.

В этой связи была предложена система геомеханического мониторинга деформаций земной поверхности, которая содержит в своем составе следующие базовые методы:

- методы предварительной диагностики массива горных пород;
- повторное высокоточное нивелирование;

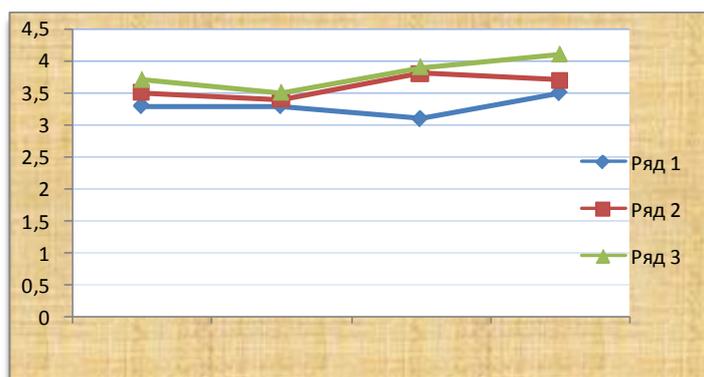
- спутниковые геодезические методы, в первую очередь, методы интерферометрии;
- другие методы инструментальных наблюдений на региональных и локальных участках.

Результаты и обсуждение

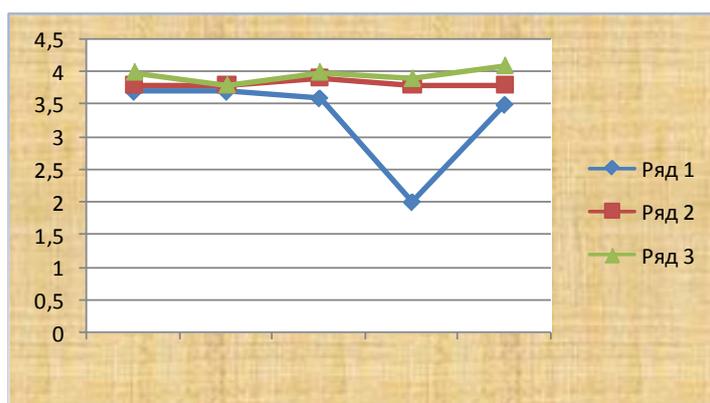
По результатам наблюдения было установлено, что постоянная скорость оседания земной поверхности составляет в среднем 4 мм/мес.

Основными источниками информации о процессах деформирования горных пород и земной поверхности под влиянием разработок являются инструментальные маркшейдерские наблюдения, причем как максимальное оседание (прогиб), так и скорость оседания (рисунок 3).

По профильным линиям №1, мм



По профильным линиям №2, мм



Условные обозначения:

- оседания с 25.01.2013 по 25.04.2011
- оседания с 25.01.2014 по 12.04.2012
- оседания с 25.01.2015 по 15.04.2014

Рисунок 3 – Фрагменты оседания земной поверхности как фактор по набору рисков негативного воздействия на горные работы

В основных требованиях «Единых правил по рациональному и комплексному использованию недр при разведке и добыче полезных ископаемых» [2] отмечается, что при разработке месторождений необходимо вести систематические наблюдения за процессами деформирования горных пород и земной поверхности. Наиболее эффективным методом наблюдений являются современные инструментальные маркшейдерские измерения за состоянием недр, горных выработок, откосов уступов и отвалов, потолочин, почвы и целиков с целью своевременного выявления в них деформаций, определения параметров и сроков службы, сведения к минимуму потерь полезных ископаемых, а также для обеспечения безопасности ведения горных работ.

В этой связи, соблюдая основные требования охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых, необходимо, чтобы недропользователи обеспечивали [1, 2]:

- максимально и экономически целесообразное извлечение из недр всех полезных ископаемых, которое зависит правильности выбора и обоснования схемы вскрытия и способа отработки месторождения;

- соблюдения безопасности ведения горных работ, независимо от способа разработки месторождения (подземный, открытый, подземное выщелачивание, гидродобыча и т.д.);

- охрану месторождений от стихийных бедствий и от других факторов, приводящих горные объекты к чрезвычайным ситуациям, осложнению отработки залежей полезных ископаемых, снижению их качества и увеличению показателей извлечения из недр.

В горной практике при проектировании и разработке месторождений в обязательном порядке определяются способы управления сдвижением земной поверхности, горным давлением и другими техногенными процессам, от которых зависит эффективность и безопасность работы горного предприятия. Недостовверные геопространственные данные и результаты инструментальных измерений о состоянии массива горных пород, могут привести к серьезным аварийным ситуациям по ведению горных работ на месторождении.

Поэтому горные предприятия в особенной мере испытывают широкий диапазон воздействия рисков природного, техногенного характера, а также рисков, связанных с «человеческим фактором».

Исходя из вышесказанного, для выемки балансовых запасов руды на примере Анненского

месторождения в ослабленных зонах в районе мульды оседания, необходимо заблаговременно получить достоверную информацию о состоянии данного участка. Это позволит получить дополнительно информацию о перераспределении напряжений горного массива в ослабленных зонах и принять управленческое решение по безопасному производству добычи руды в районе мульды.

Достоверная информация позволит разработать расширенную модель, которая заключается в целенаправленном установлении изменения напряженно-деформированного состояния горных пород на участке освоения ресурсов недр, используя рациональные технологические методы по управлению геомеханическими процессами.

Трехмерные модели, полученные на основе математического моделирования возможных участков напряженно-деформированного состояния горного массива, способствуют установлению закономерностей геомеханических процессов. В процессе техногенного воздействия горными работами на массив горных пород полученные модели будут способствовать созданию математических зависимостей, отражающих их основные особенности, которые наиболее существенны для управления геомеханическими процессами.

В процессе исследования для получения геопространственных данных по управления геомеханическими процессами предложен метод дифференциальной интерферометрии (ДИ).

Методом ДИ можно определять величины смещений земной поверхности путем вычитания из интерферограммы топографической компоненты опорной Цифровой Модели Рельефа (ЦМР). При этом, чем выше точность опорного рельефа по высоте, тем увереннее определяются смещения и отфильтровываются фазовые помехи, повышается когерентность. Для максимально корректного разделения фазы опорного рельефа и фазы смещений земной поверхности необходима ЦМР наиболее близкая по времени к данным используемым для интерферометрической обработки. Для построения актуальной на данный момент ЦМР использовался метод радарной интерферометрии.

Рассмотрена геоинформационная технология построения карты смещений земной поверхности дифференциальной интерферометрии (ДИ) для территории Анненского рудника Жезказганского месторождения.

Для мониторинга смещений земной поверхности методами ДИ были получены многопро-

ходные пары радиолокационных космических снимков космических аппаратов Cosmo-SkyMed

(5 сцен) и TerraSar – X (5 сцен), по которым были построены ЦМР и интерферограмма (рисунок 4).

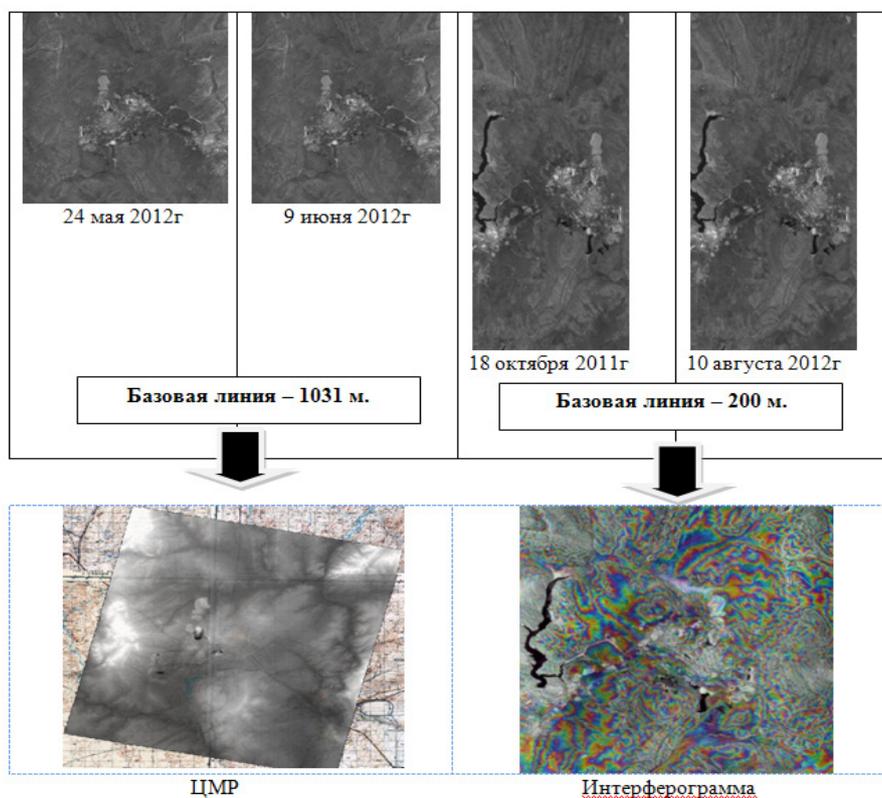


Рисунок 4 – Генерация ЦМР и интерферограммы

Генерация интерферограммы и построение ЦМР осуществлялись в программном комплексе ERDAS Imagine 2011 с использованием модуля InSAR.

Построенная ЦМР послужила основой для разделения фазы опорного рельефа и фазы смещений земной поверхности с целью получения абсолютных значений смещений земной поверхности на тестовом участке [5, 6, 7].

На основе применения метода дифференциальной интерферометрии было предложено решение для возобновления добычи руды в контуре мульды сдвижения, продолжить исследования по дальнейшему развитию и практическому применению расширенной геоинформационной модели геомеханических рисков на основе комплексного геоинформационного анализа результа-

тов космической радиолокационной интерферометрии (КРИ) и наземного геомониторинга.

Выводы

Таким образом, расширенная модель на участке оседаний земной поверхности, выполненная по данным комплексного использования результатов топографо-геодезических наблюдений и современных технологий космической радиолокационной интерферометрии, позволяет произвести анализ напряженного состояния горных пород на территории Анненского рудника для принятия управленческих решений при планировании мониторинга деформаций земной поверхности на ослабленных зонах месторождения.

Литература

- 1 Единые правила охраны недр при разработке месторождений полезных ископаемых в Республике Казахстан. – Кокшетау: Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов РК, 1999, – с.114.
- 2 Единые правила по рациональному и комплексному использованию недр при разведке и добыче полезных ископаемых. – Астана: Постановление Правительства РК от 10 февраля 2011 года № 123, 2011, с.61
- 3 Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Милетенко И.В., Милетенко Н.А.. Состояние и совершенствование нормативно-методической базы при освоении недр /Развитие идей Н.В.Мельникова в области комплексного освоения недр.-М.: УРАН ИП-КОН РАН, 2009. – С.125-128.
- 4 Иофис М.А. и др. Геомеханика. – М.: МГГУ, 2005. – 345с.
- 5 Использование радиолокационной интерферометрии для обнаружения подвижек земной поверхности // А.Ф. Мухамедгалиев, М.Г. Разакова, В.В. Смирнов, Б.Э. Бекмухамедов // Журнал «Геоинформатика». – №3. – М. – 2013. – С. 56 - 62.
- 6 Мониторинг техногенных смещений почв и грунтов методами дифференциальной интерферометрии // Мухамедгалиев А.Ф., Разакова М.Г., Смирнов В.В., Бекмухамедов Б.Э. Казахстанские космические исследования. – Том 11. «Наземно-космические технологии в исследованиях Земли». – Алматы, 2013. – С. 114-122.
- 7 Using Radar Interferometer Detection Progress Surface // Muhamedgaliev A.F., Imansakipova B.B., Ivo Milev, Baygurin Zh.D.,-Proceedings of the 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. – Bulgaria, 17-26 June 2014. – Vol. II. – P. 669-678.

References

- 1 Edinye pravila ohrany neдр pri razrabotke mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh v Respublike Kazahstan.-Kokshetau: Informacionno-analiticheskij centr geologii, jekologii i prirodnyh resursov RK, 1999. – S. 114.
- 2 Edinye pravila po racional'nomu i kompleksnomu ispol'zovaniju neдр pri razvedke i dobyche poleznyh iskopaemyh. – Astana: Postanovlenie Pravitel'stva RK ot 10 fevralja 2011 goda № 123, 2011. – S. 61.
- 3 Trubeckoj K.N., Iofis M.A.,Miletenko I.V., Miletenko N.A.. Sostojanie i sovershenstvovanie normativno-metodicheskoy bazy pri osvoenii neдр /Razvitie idej N.V.Mel'nikova v oblasti kompleksnogo osvoenija neдр. – М.: UРАН IPKON RAN, 2009. – S.125-128.
- 4 Iofis M.A. i dr. Geomehanika. – М.: MGGU, 2005. – 345 s.
- 5 Ispol'zovanie radiolokacionnoj interferometrii dlja obnaruzhenija podvizhek zemnoj poverhnosti // A.F. Muhamedgaliev, M.G. Razakova, V.V. Smirnov, B.Je. Bekmuhamedov, Zhurnal “Geoинформатика». – №3. – М. – 2013. – S. 56 - 62.
- 6 Monitoring tehnogennyh smeshhenij pochv i gruntov metodami differencial'noj interferometrii // Muhamedgaliev A.F., Razakova M.G., Smirnov V.V., Bekmuhamedov B.Je. Kazahstanskije kosmicheskie issledovanija, - Tom 11. “Nazemno-kosmicheskie tehnologii v issledovanijah Zemli”. – Almaty. – 2013. – S. 114-122.
- 7 Using Radar Interferometer Detection Progress Surface // Muhamedgaliev A.F., Imansakipova B.B., Ivo Milev, Baygurin Zh.D., – Proceedings of the 14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. – Bulgaria, 17-26 June 2014. – Vol. II. – P. 669-678.