

Калач О.О., Веселова Л.К.

**Методика мониторинга  
геодинамических процессов  
Экибастузского угольного  
карьера**

В статье рассмотрена методика мониторинга геодинамических процессов, используемая на Экибастузском угольном карьере, а также виды работ, проводимые для наблюдения за деформациями бортов откосов, уступов и отвалов на карьере. Выявлены недостатки в существующей системе наблюдений за деформационными процессами на угледобывающем предприятии и предложены пути улучшения данной методики.

**Ключевые слова:** геодинамические процессы, геодинамический мониторинг, деформационные процессы, Экибастузское угольное месторождение, карьер, откосы, сейсмика, техногенные катастрофы.

---

Kalach O.O., Veselova L.K.

**Methods for monitoring of  
geodynamic processes  
Ekibastuz coal quarry**

The article describes a technique of monitoring geodynamic processes used at the Ekibastuz coal quarry. Considered by all types of work conducted for monitoring the deformations of the boards of slopes, ledges and dumps at the quarry. Identified disadvantages in the existing system of observations of deformation processes at mining enterprises and suggested ways to improve the methodology.

**Key words:** geodynamic processes, geodynamic monitoring, deformation processes, Ekibastuz coal deposit, quarry, slope, seismic survey, technological accidents.

---

Калач О.О., Веселова Л.К.

**Геодинамикалық  
процестерді Екібастұз көмір  
шұңқырдың мониторинг  
әдістері**

Мақалада Екібастұз көмір карьерінде пайдаланылатын геодинамикалық процестерді бақылау үшін әдістемесі көрсетілген. Карьердің үймелерінің, иығының және баурайларының деформацияларын бақылау үшін барлық жұмыстардың түрлері қарастырылған. Көмір өндіру кәсіпорындарындағы деформациялық қозғалыстарды бақылау жүйелеріндегі кемшіліктері анықталды және осы әдістемені жақсарту жолдары ұсынылды.

**Түйін сөздер:** геодинамикалық процестер, геодинамикалық мониторинг, деформация қозғалыстары, Екібастұз көмір салымы, карьер, баурайы, сейсмобарлау, техногендік апаттар.

## **МЕТОДИКА МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГОЛЬНОГО КАРЬЕРА**

### **Введение**

На месторождениях твердых полезных ископаемых интенсивность и масштабы горных работ, а также возрастание глубины разработок приводят к изменению геодинамического режима территорий, выражающемуся в увеличении параметров сдвижения горных пород, формировании наведенной сейсмичности, в усилении проявлений горного давления в выработках и целиках. Последние, в свою очередь, создают в районах размещения объектов добычи полезных ископаемых условия для возникновения техногенных катастроф [1].

В естественном состоянии горные породы находятся в условиях всестороннего сжатия. Подземные и открытые выработки нарушают непрерывность тектонического строения земной коры и изменяют естественное строение тектонических блоков. В окрестности открытых горных выработок в результате перераспределения напряжений нарушается установившееся состояние равновесия пород, что вызывает деформирование бортов и подошвы карьеров [2].

В таких условиях для противодействия возможному риску необходимы наблюдения, контроль и оценка как режимов недропользования, так и прогноз хода развития процессов, приводящих к чрезвычайным геодинамическим событиям (техногенным землетрясениям, горным ударам, обрушениям и выбросам пород) [1]. Для такого прогнозирования необходимо получение точных данных в результате постоянного мониторинга деформируемой территории. Мониторинг геодинамических процессов обязательно включает изучение всех возможных типов процессов, вызванных как природными, так и техногенными процессами.

### **Объект исследования**

Объектом исследования является Экибастузский угольный бассейн, расположенный в Павлодарской области в 130 км от областного центра г. Павлодара, на трассе железной дороги, соединяющей города Павлодар и Астана. Данный район расположен в степной зоне Северного Казахстана.

Рельеф поверхности равнинный, слабо всхолмленный. Средняя отметка поверхности равна +200 м.

Бассейн месторождения представляет собой асимметричную мульду, вытянутую с северо-запада на юго-восток на 24 км при максимальной ширине 8,5 км. Общая площадь мульды – 163 км<sup>2</sup>. Угленосная часть мульды имеет размеры соответственно 12 × 6 км<sup>2</sup>.

В геологическом строении района месторождения принимают участие верхнедевонские, нижнекарбоновые отложения, залегающие на эффузивах верхнего ордовика, перекрывающиеся палеогеновыми и четвертичными отложениями.

На месторождении в настоящее время действуют: в северо-западной части угольный разрез «Северный» мощностью 22 миллиона тонн, в южной части разрез «Богатырь» мощностью 52 миллиона тонн [3].

Участок Экибастузского угольного разреза, а именно территория разреза «Богатырь» разрабатывается открытым способом с применением буровзрывных работ. Отработка пластов ведется роторными экскаваторами SRS(к)-470, 2000, ЭРШРД – 5000. Породы вскрыши разрабатываются экскаваторами ЭКГ-8И, ЭКГ-12,5 [4].

### Исходные данные и методы исследования

Исходными данными для изучения отдельных аспектов геодинамического мониторинга стали существующие инструкции [5], опубликованные и фондовые материалы угледобывающего предприятия «Богатырь Комир». Произведен их детальный анализ.

Для контроля и предупреждения геодинамических явлений на карьере разреза «Богатырь» используется методика по наблюдению за деформациями бортов карьеров, основанная на аэрологических и полевых (маркшейдерских) исследованиях динамики деформационных процессов на угольном месторождении. Методика мониторинга деформационных процессов ведется с учетом рекомендаций ВНИМИ в соответствии с Инструкцией по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах [5] и разработки мероприятий по обеспечению их устойчивости, а также с учетом долговременного проекта работ по наблюдению за состоянием откосов борта в целом.

Данная методика включает в себя проведение следующих видов работ:

- визуальный осмотр по данным АФС для выявления крупных деформаций уступов на бор-

ту разреза и откосах отвалов, который является одним из основных первоисточников получения материалов для анализа процессов по образованию и развитию нарушений;

– визуальный наземный осмотр, который позволяет более детально установить причины возникновения деформаций и правильно составить геологическую часть паспорта деформаций, а также выявить развитие деформаций, которые находятся в начальной стадии развития;

– инструментальные (маркшейдерские) наблюдения за деформациями, ведущиеся непосредственно на деформируемых участках [4].

В настоящее время на угольном карьере для получения более точной информации, с учетом большой протяженности и высоты уступов и безопасности съемочно-изыскательских работ, используется методика наблюдения за деформациями с использованием данных аэрофотосъемочных залетов для определения параметров и стадий развития деформаций на основании Инструкции п.1.10 [5].

Аэрофотограмметрические работы при маркшейдерских наблюдениях за деформациями бортов карьеров под влиянием горных разработок определяются инструкцией [5].

Составление планов участков нарушения устойчивости земной поверхности и горнотехнических сооружений по материалам аэрофотосъемки производится в системе координат, принятой на месторождении. Планово-высотным обоснованием аэрофотосъемки являются предварительно маркируемые пункты маркшейдерской опорной сети и развиваемых геодезическими методами сетей сгущения.

Аэрофотограмметрические работы при длительных маркшейдерских наблюдениях за деформациями осуществляются по специальному проекту. Проект аэрофотосъемочных и фотограмметрических работ составляется на основании технического задания на производство этих работ и имеющихся исходных материалов и сведений по участку наблюдений. Такие данные используются не только при проектировании новых работ, но и для повторной (более детальной) фотограмметрической обработки с целью оценки деформаций за длительный период на участках, подвергшихся изменению в результате строительства или открытых горных разработок [6].

Аэрофотограмметрические работы выполняются по определенной технологической схеме (рис. 1).

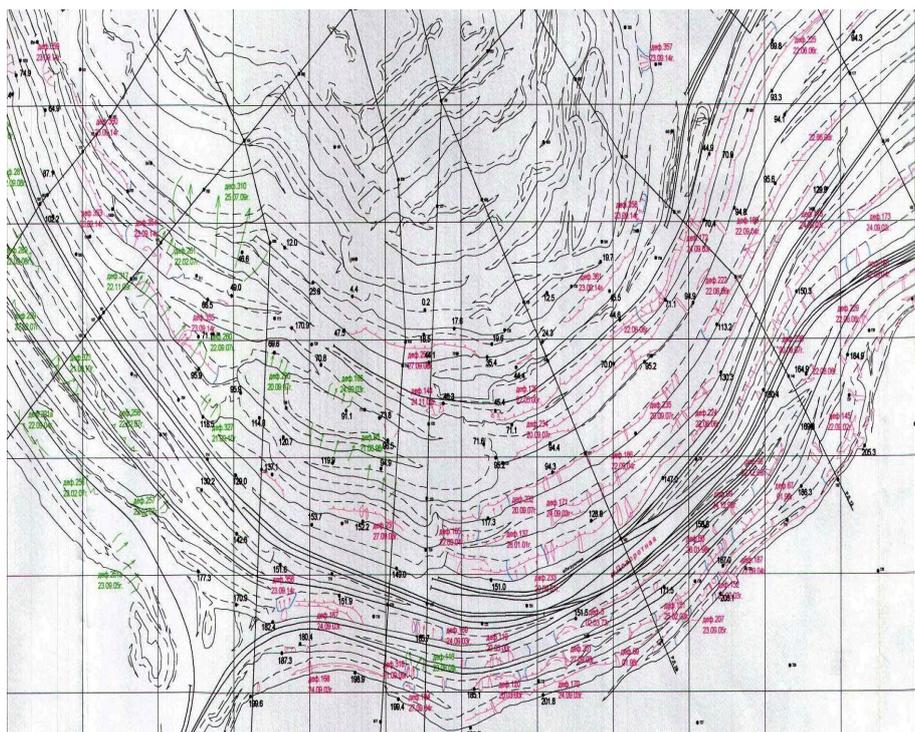


Рисунок 1 – Технологическая схема регулярной маркшейдерской аэрофотосъемки карьера [6]



Рисунок 2 – Фрагмент плана угольного разреза из отчета [4]

Наблюдения проводятся раз в месяц на основании инструкции. В журнале визуального осмотра обработки материалов АФС

(журнал № 65 БСМР) указываются номера обработанных пар снимков, на основании которых выявлялись новые деформации и

делалась оценка активности существующих деформаций.

Результаты наблюдений наносятся на планы стационарного борта разреза М 1:2000 для возможного детального изучения параметров деформаций (фронта развития, величины смещения, глубины развития, скорости развития нарушений) (рис. 2) На основании этих данных пополняются старые и оформляются новые паспорта деформаций. Краткие паспорта предоставляются в отчете [4].

В паспорте деформации указывается дата выполнения наблюдений, номера пар снимков, на основании которых получена данная информация. Более полная информация об исполнителях съемочных работ указана в журнале визуального осмотра БСМР.

Обследуются также уже существующие деформации, получившие дальнейшее развитие по отношению прошлых лет наблюдения. Все выявленные деформации заносятся в специальный список, который прилагается к отчету. В данном списке указывается дата обнаружения, локализация, тип и причины деформации.

Наземный визуальный осмотр места деформации проводят для детального изучения выявленной деформации в случаях, когда породы охвачены активным процессом сдвижения. Такие наблюдения дают возможность установить размер деформации, направление и скорость ее движения, основные факторы, влияющие на ее развитие. Установленные следы деформационных процессов фиксируются на планах и профилях, описываются и в характерных местах фотографируются.

Инструментальные (маркшейдерские) наблюдения включают в себя комплекс работ по созданию наблюдательных сетей, производству измерений и камеральной обработке результатов измерений.

Существует несколько рекомендуемых методов наблюдений за деформациями бортов карьеров, выбор определенного из них обусловлен прежде всего целью наблюдений и требуемой точностью определения смещений. Обычно предпочтение отдается тому методу, который при минимальных затратах обеспечивает решение поставленной задачи [5].

Наиболее распространенным методом является высокоточное нивелирование, которое способствует решению следующих основных задач освоения месторождения:

1) оценка влияния современных природно-техногенных геодинамических процессов и нап-

ряженного состояния массивов горных работ на системы и объекты обустройства месторождения;

2) выделение участков повышенного геодинамического риска на территории месторождения;

3) разработка системы прогностических признаков аномальных геодинамических событий;

4) обоснование дальнейшего обустройства месторождения с учетом геодинамических процессов, происходящих при эксплуатации месторождения;

5) оценка геодинамического риска и прогнозирования возможных последствий [6].

## Результаты и обсуждения

Гарантоспособность и верификация методики геодинамического мониторинга для прогноза в значительной степени зависит от принятой методологии исследований, которая должна включать не только базовые теоретические положения, но и использовать новейшие методики и разработки в области ведения геодинамического мониторинга [2].

На данный момент методика геодинамического мониторинга Экибастузского угольного месторождения основывается только на устаревших инструкциях и вероятностных оценках, а также на инженерном опыте. Но при использовании системного анализа, новейших достижений и технологий, а также возможностей внедрения региональной ГИС мониторинга позволит достаточно точно вычислять все воздействия на углепородный массив, выявить движущую силу геодинамических явлений и предоставит возможность предотвратить деформационные нарушения, в то время как существующие методы исследования выявляют лишь их результат.

Требования к проведению геодинамического мониторинга должны предусматривать сопровождение добычи необходимым и достаточным комплексом базовых методов наблюдений. На сегодняшний день методика ведения геодинамического мониторинга объектов разработки угольных месторождений предполагает проведение локального сейсмического мониторинга. Это обусловлено не только проявлениями региональной природной сейсмичности, так и техногенной, вызванной горными работами, сейсмичности. Индуцированная горными работами сейсмичность, обусловлена динамическими проявлениями горного давления, выполняемыми промышленными взрывами и транзитными землетрясениями. В методике, используемой на территории Экибастузского мес-

торождения, исследования сейсмического состояния углепородного массива не производится, не смотря на постоянные буровзрывные работы.

Также следует отметить, что методика морально устарела, так как основана на инструкциях 1987 г., что требует внедрения автоматизированных и современных методов ведения геодинамических исследований, таких как применение систем GPS для создания стационарных пунктов наблюдений за деформационными нарушениями, создание единой системы сбора данных, создание подсистемы сейсмического мониторинга.

Изучив принципы ведения геодинамического мониторинга на территориях похожих месторождений [2, 7, 8], было выявлено, что основными контролируемыми параметрами современного геодинамического мониторинга недр являются:

- сейсмический режим территории месторождения и сопредельных регионов;
- вертикальные и горизонтальные движения массивов горных пород;
- вариации параметров геофизических (сейсмического, гравитационного, геомагнитного) полей во времени;
- вариации во времени промыслово-геологических, гидродинамических, геохимических, эманационных характеристик флюидного режима недр (пластовое давление, дебиты, уровень грунтовых вод, метан, азот, водород, сероводород, гелий, радон и др.).

На этом основании геодинамический мониторинг создается из сочетания следующих блоков:

1. Блок деформационного мониторинга включает совокупность методов наблюдений, обеспечивающих получение необходимой информации о современном напряженно-деформационном состоянии геологической среды различного масштаба.

2. Блок сейсмологического мониторинга включает организацию сейсмических наблюдений с целью площадной регистрации землетрясений природного и техногенно-индуцированного генезиса, исследований сейсмического режима территории.

3. Блок геофизических методов включает совокупность наблюдений, обеспечивающих получение информации о вариациях изменения геофизических полей, обусловленных природными и техногенными динамическими процессами.

4. Блок флюидогеохимического мониторинга включает совокупность наблюдений за изменениями химического состава и динамическим

состоянием флюидных систем тектогенного и техногенного генезиса.

5. Блок производственного-геологического мониторинга включает комплексное изучение техногенных изменений пласта (физико-химический состав добываемых полезных ископаемых, их количество, соотношение частей добываемой технологической жидкости, состояние скважинного фонда, изменение пластовых давлений и др.) на разных этапах освоения залежей.

Иногда выделяют блоки аэрокосмического или экологического мониторинга. Последний служит для координации исследований, проводимых с помощью других видов мониторинга [9].

Методика, используемая на разрезе «Богатырь Комир», состоит только из деформационного и аэрокосмического блоков мониторинга. Соответственно, проведение мониторинга.

## Выводы

Как показывает анализ и практика, данная методика требует дальнейшего теоретического изучения, совершенствования методов и средств ее проведения для профилактики опасных явлений, а также включения в ее состав компонента геодинамического мониторинга для прогноза и предотвращения неблагоприятных деформационных нарушений.

Поэтому создание новой модернизированной системы мониторинга геодинамических процессов позволит выполнять предварительный расчет ожидаемых движений и деформаций земной поверхности, но и предупреждать их возможное появление. Новая методика мониторинга геодинамических процессов будет включать изучение всех возможных типов процессов, вызванных как природными, так и техногенными процессами.

Дальнейшая наша задача заключается в разработке рекомендаций по улучшению и модернизации методики геодинамического мониторинга, проводимой на Экибастузском угольном месторождении.

Методика будет проводиться путем создания новых блоков мониторинга, основанных на постоянных наблюдениях за деформируемой геологической средой Экибастузского угольного бассейна. Создание такого мониторинга обосновано не только научной и практической значимостью наблюдения за деформационными процессами, но и возможностью обеспечения безопасного функционирования угледобывающего предприятия.

### Литература

- 1 Методическое руководство по проведению локального геодинамического мониторинга объектов горно-металлургического комплекса Республики Казахстан. – Алматы: Институт сейсмологии, 2006 – 56 с.
- 2 Адушкин А.В., Беляева Л.И., Гончаров А.И., Куликов В.И. Геодинамический мониторинг при разработке угольного месторождения Воркуты. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №10. – С. 233-243.
- 3 Белик Н.М., Федотов И.П., Джаксыбаев С.И. «Уголь Экибастуза». – М.: Недра, 1992. – 204 с.
- 4 Годовой отчет о состоянии бортов разреза и откосов отвалов разреза «Богатырь» / под рук. Лekomцева И.В. – Э.: БСМР, 2014. – 77с.
- 5 Фисенко Г.Л. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 116 с.
- 6 Блоха Е.Е., Поляк П.И., Рашковский Я.З. Маркшейдерское. – М.: Угетехиздат, 1956. – 672 с.
- 7 Бакаев О.В. Методы и модели мониторинга геодинамических процессов в углепородном массиве угольных шахт. // РАДИОЭЛЕКТРОННИЙ І КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ. – 2012. – № 6. – С. 219-223.
- 8 Ильин А.И., Гальперин А.М., Стрельцов В.И. Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
- 9 Организация экологического мониторинга – Эколого-геодинамический мониторинг [Электронный ресурс]: :<http://geologinfo.ru/ekologicheskaya-geologiya /158/>

### References

- 1 Metodicheskoe rukovodstvo po provedeniju lokal'nogo geodinamicheskogo monitoringa ob#ektov gorno-metallurgicheskogo kompleksa Respubliki Kazahstan. – Almaty: Institut sejsmologii, 2006 – 56 s.
- 2 Adushkin A.V., Beljaeva L.I., Goncharov A.I., Kulikov V.I. Geodinamicheskij monitoring pri razrabotke ugol'nogo mestorozhdenija Vorkuty. // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2010. – №10. – S. 233-243.
- 3 Belik N.M., Fedotov I.P., Dzhaksybaev S.I. «Ugol' Jekibastuza». – M.: Nedra, 1992. – 204 s.
- 4 Godovoj otchet o sostojanii bortov razreza i otkosov otvalov razreza «Bogatyr'» / pod ruk. Lekomceva I.V. – Je.: BSMR, 2014. – 77s.
- 5 Fisenko G.L. Metodicheskie ukazaniya po nabljudenijam za deformacijami bortov razrezov i otvalov, interpretacii ih rezul'tatov i prognozu ustojchivosti. – L.: VNIMI, 1987. – 116 s.
- 6 Bloha E.E., Poljak P.I., Rashkovskij Ja.Z. Markshejderskoe. – M.: Ugetehizdat, 1956. – 672 s.
- 7 Bakaev O.V. Metody i modeli monitoringa geodinamicheskikh processov v ugleporodnom massive ugol'nyh shaht. // RADIOELETRONNII I KOMP'JUTERNI SISTEMI. – 2012. – № 6. – S. 219-223.
- 8 Il'in A.I., Gal'perin A.M., Strel'cov V.I. Upravlenie dolgovremennoj ustojchivost'ju otkosov na kar'erah. – M.: Nedra, 1985. – 248 s.
- 9 Organizacija jekologicheskogo monitoringa – Jekologo-geodinamicheskij monitoring [Jelektronnyj resurs]: :<http://geolog-info.ru/ekologicheskaya-geologiya /158/>