

УДК 622.838

**Шеметов Роман Сергеевич**

инженер лаборатории геомеханики  
и инженерных исследований,  
ООО «Полюс Проект»,  
660028, г. Красноярск,  
ул. Телевизорная, д. 1, строение 9  
e-mail: [shemetovrs@yandex.ru](mailto:shemetovrs@yandex.ru)

**ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА  
ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ  
ОБЪЕКТОВ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ,  
ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ  
СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ  
ДВИЖЕНИЙ**

*Аннотация:*

*Показана актуальность учета действия современных геодинамических движений при проведении мониторинга деформационных процессов на объектах недропользования. Установлен характер взаимодействия массива горных пород с техногенными объектами с учетом влияния современных геодинамических движений. Рассмотрены и обоснованы решающие факторы, которые необходимо учитывать при выборе методики мониторинга деформационных процессов, протекающих под влиянием современных геодинамических движений.*

*Ключевые слова:* структура массива горных пород, мониторинг, деформационные процессы, современные геодинамические движения, неоднородность напряженно-деформированного состояния

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.01.057

**Shemetov Roman S.**

Engineer of the Laboratory of Geomechanics  
and Engineering Research,  
LLC Polyus Project,  
660028, Krasnoyarsk,  
Televizornaya Str., 1, building 9  
e-mail: [shemetovrs@yandex.ru](mailto:shemetovrs@yandex.ru)

**SPECIFICS FOR MONITORING  
THE DEFORMATION PROCESSES  
OF MINING OBJECTS  
SUBJECTED TO THE INFLUENCE  
OF CURRENT GEODYNAMIC  
MOVEMENTS**

*Abstract:*

*The paper has shown the relevance of taking into account the action of current geodynamic movements in the monitoring of deformation processes at mining objects. The nature for interaction of rock mass with technogenic objects has been established taking into account the influence of current geodynamic movements. The decisive factors have been considered and justified to be taken into account when choosing a method of monitoring deformation processes under the influence of current geodynamic movements.*

*Key words:* structure of rock mass, monitoring, deformation processes, current geodynamic movements, inhomogeneity of stress-deformed state

Развитие человечества непрерывно сопровождается ростом численности населения земного шара. Шаг за шагом, осваивая новые участки недр Земли, строя города и мегаполисы, ведя добычу полезных ископаемых, человек расширил ареал своего обитания на большую часть планеты. Одной из главных особенностей развития цивилизации является тесное взаимодействие человека с приповерхностной твердой частью планеты Земля – с верхней частью литосферы.

На планете Земля очень много опасных мест, которые вовлекаются в нашу жизнь за счет стремительного развития цивилизации. Землетрясения, извержения вулканов, цунами – это лишь небольшой перечень опасностей, подстерегающих человека на осваиваемых или уже освоенных территориях. Строительство объектов недропользования сопровождается риском возникновения катастроф природно-техногенного характера, способных повлечь за собой экономические и материальные убытки и даже человеческие жертвы.

Техногенные объекты, созданные человеком, располагаются на земной поверхности или в массиве горных пород. Для данных объектов массив горных пород выступает как их неотъемлемый конструктивный элемент, с которым происходит непрерывное взаимодействие. Все процессы, протекающие в массиве горных пород, оказывают влияние на устойчивость и безопасность объектов недропользования.

Одним из важнейших факторов, определяющих развитие опасных процессов в массиве горных пород, являются современные геодинамические движения, которые в сочетании с иерархически-блочной структурой массива горных пород инициируют процессы вторичного структурирования и самоорганизации. В результате действия современных геодинамических движений напряженно-деформированное состояние приобретает дискретный характер, неоднородное строение и мозаичную структуру. Таким образом, воздействуя на объекты недропользования, современные геодинамические движения играют одну из решающих ролей в нарушении их устойчивости.

Ниже приведен лишь небольшой перечень аварий, произошедших под действием современных геодинамических движений:

- 1991 г. – разрушение 50 м основного тоннеля на строительстве большого Серпуховского ускорителя;
- 2004 г. – разрушение аквапарка «Трансвааль» в Москве с гибелью 26 человек;
- 2005 г. – обрушение перекрытия в плавательном бассейне г. Чусовского Пермской области с гибелью 13 детей;
- 2006 г. – разрушение Басмановского рынка в Москве с гибелью людей;
- 2006 г. – разрушение на завершающей стадии строительства моста – путепровода через ул. Восточную и Транссибирскую железную дорогу в г. Екатеринбурге;
- 2009 г. – крупная авария на Саяно-Шушенской ГЭС привела к гибели 75 человек и причинила вред экологической обстановке акватории и колоссальный экономический ущерб региону в целом [1].

Так, например, при эксплуатации Саяно-Шушенской ГЭС использовалась беспрецедентная система мониторинга, включающая в себя более 10500 точек съема информации [60]. Но даже при таких масштабах мониторинга опасная активность массива горных пород под воздействием современных геодинамических движений не была выявлена в нужное время, что привело к известным печальным последствиям.

Всех вышеперечисленных аварий можно было бы избежать, если бы при проектировании и выборе мест расположения данных сооружений учитывались локальные геодинамические характеристики мест их строительства. Например, при проектировании объектов недропользования возможен выбор места их расположения на внутриблочных участках, где уровень геодинамической активности значительно ниже. А на эксплуатируемых объектах недропользования, расположенных на границах вторичных структурных блоков, то есть там, где уровень геодинамической активности значительно выше, возможно проведение усиливающих мероприятий, позволяющих повысить устойчивость и безопасность эксплуатации сооружений.

Информацию об уровне геодинамической активности на конкретном участке недр может предоставить своевременный и информативный способ проведения мониторинга деформационных процессов с учетом современных геодинамических движений, что позволит предупредить эти аварии путем проведения защитных мероприятий или, во всяком случае, поможет избежать гибели людей [3].

Для того чтобы зафиксировать начало процесса развития деформации под действием современных геодинамических движений, необходимо иметь представление о характере их взаимодействия с массивом горных пород.

Представления об иерархически-блочном строении массива горных пород сформировались более 40 лет назад, и впервые были представлены в 1979 г. в качестве доклада для Академии наук СССР М.А. Садовским [4].

С тех пор эта гипотеза, благодаря широкой популярности, приобрела статус общепризнанной теории. Последователи М.А. Садовского – В.Н. Опарин, Е.И. Шемякин, М.В. Курленя, П.В. Макаров и другие ученые – расходятся в понимании определения величины значения коэффициента вложенности одного блока в другой. Например, П.В. Макаров считает, что коэффициент составляет величину  $(1+\sqrt{5})/2$ , В.Н. Опарин,

Е.И. Шемякин и М.В. Курленя склоняются к величине  $\sqrt{2}$ , сам М.А. Садовский предлагал принимать в качестве такого коэффициента число  $\sqrt{3}$  [5].

Несмотря на разницу во взглядах на размер структурного блока массива, само признание иерархической блочности структуры массива горных пород сегодня мало кто ставит под сомнение. Для нас это является важнейшим фактом в понимании структуры массива.

Под влиянием современных геодинамических движений массив горных пород находится в непрерывном движении.

Основоположником данной теории можно считать А. Вегенера, который предложил в 1912 г. гипотезу дрейфа континентов. Он не просто предположил возможность горизонтальных перемещений континентов, но и привел целую систему обоснованных доказательств данного явления, включающую в себя указание на однотипность геологического строения смежных материков, окружающих океан, общность древней палеозойской и мезозойской фауны и флоры на разобщенных ныне материках, а также на следы почти одновременного позднепалеозойского покровного оледенения в Южной Америке, Африке, Индии и Австралии [6].

В 1960-е годы в СССР зародилась теория тектоники литосферных плит, рассматривающая движения плит, материков и континентов. В этот период в различных регионах создавались геодинамические полигоны, на которых производились геодезические измерения геодинамических движений. В 1980-е годы Ю.О. Кузьмин обнаружил циклическое действие трендовых геодинамических движений в разломных зонах массива горных пород. Периодичность циклов действия длиннопериодных геодинамических движений определялась посредством нескольких серий наблюдений раз в полгода или в год [7, 8].

В 2000-е годы учеными Уральской школы геомехаников А.Д. Сашуриным и А.А.Панжиным были открыты короткопериодные геодинамические движения. Продолжительность действия их циклов укладывалась от одного до нескольких раз в один непрерывный сеанс мониторинга. Впоследствии с помощью проведения учеными УрО РАН серии инструментальных наблюдений и создания базы данных о современных геодинамических движениях [9] было установлено, что оба вида современных геодинамических движений, трендовые и циклические, действуют во всех регионах независимо от их сейсмичности.

Таким образом, известно, что массив горных пород имеет блочно-иерархическое строение и находится в непрерывном движении под воздействием современных геодинамических движений. Под влиянием непрерывного действия современных геодинамических движений иерархически-блочный массив горных пород претерпевает процесс самоорганизации и вторичного структурирования.

Концентрация современных геодинамических движений формируется на границах вторичных структурных блоков (рис. 1), во внутриблоковых областях проявление действия современных короткопериодных движений менее ощутимо.

Более высокой концентрацией современных геодинамических движений на границах вторичных структурных блоков обусловлена неоднородность и мозаичность напряженно-деформированного состояния объектов недропользования и вмещающего их массива горных пород. Вследствие этого деформации техногенных объектов протекают локально, неравномерно. Именно по этой причине опасные процессы, обусловленные действием современных геодинамических движений, очень сложно выявить своевременно, несмотря на множество высокоточных методов мониторинга деформационных процессов, существующих на сегодняшний день.

Таким образом, выявлен ряд факторов, которые необходимо учитывать при выборе методики мониторинга деформационных процессов под влиянием современных геодинамических движений:

1. Массив горных пород имеет блочно-иерархическое строение.

2. Массив горных пород находится в непрерывном движении под действием современных геодинамических движений.

3. Современные геодинамические движения концентрируются на границах вторичных структурных блоков, формируя при этом неоднородность и мозаичность напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

4. Деформационные процессы, возникающие в объектах недропользования под влиянием современных геодинамических движений, имеют локальный, неравномерный характер своего распространения.

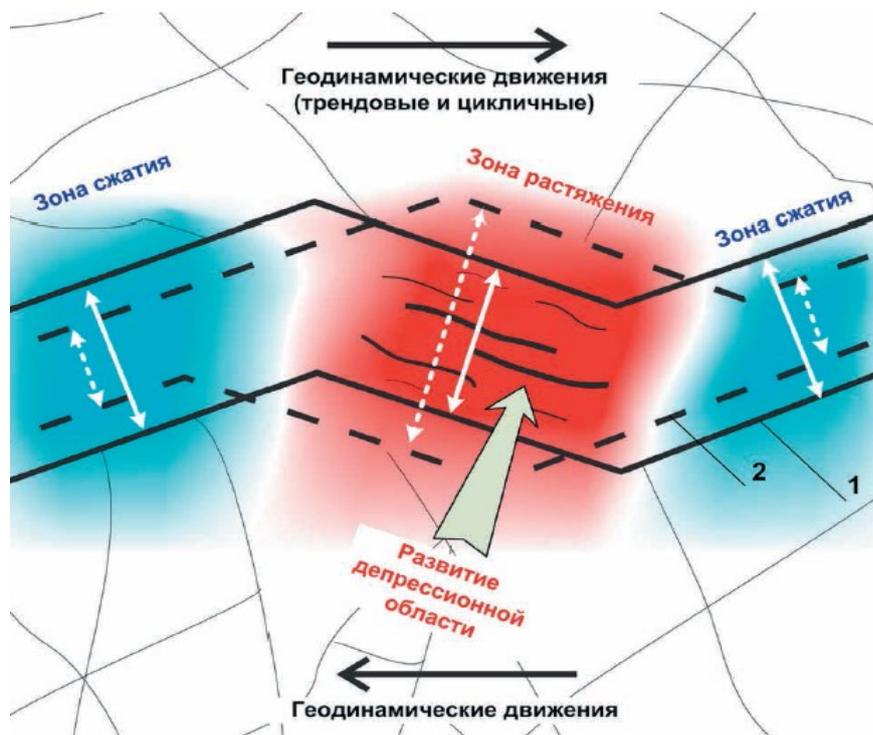


Рис. 1 – Концентрация современных геодинамических движений на границах вторичных структурных блоков [10]

Методика мониторинга деформационных процессов, учитывающая установленные выше факторы, позволит своевременно определять степень влияния современных геодинамических движений на устойчивость и безопасность техногенного объекта, давая тем самым возможность оперативного и адекватного реагирования на возникновение аварийных ситуаций на объектах недропользования.

### Литература

1. Сашурин А.Д. Истоки и причины аварии на Саяно-Шушенской ГЭС: возможное развитие ситуации / А.Д. Сашурин // Гидротехническое строительство. – 2012. - № 1. – С. 37 – 43.
2. Брызгалов В.И. Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушенской гидроэлектростанций: производственное издание / В.И. Брызгалов. - Красноярск: Сибирский ИД «Суриков», 1999. – 560 с.
3. Шеметов Р.С. Интерпретация результатов проведения мониторинга деформационных процессов сложноконструктивных объектов в предгорье Северного Кавказа / Р.С. Шеметов // Маркшейдерия и недропользование. – 2015. – № 1. – С. 54 - 58.
4. Садовский М.А. О естественной кусковатости горных пород / М.А. Садовский // Доклады Академии наук СССР. – 1979. – Т. 274. – № 4.

5. Садовский М.А. Иерархическая дискретная структура литосферы и сейсмический процесс / М.А. Садовский, И.Л. Нерсесов, В.Ф. Писаренко // Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность. – М.: Наука, 1987. – С. 182 - 191.
6. Вегенер А. Возникновение материков и океанов / А. Вегенер. – Германия, 1915.
7. Кузьмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов / Ю.О. Кузьмин // Геологическое изучение и использование недр: Научн.-техн. сб. – М.: Геоинформмарк, 1996.–Вып. 4. – С. 43 – 53.
8. Сидоров В.А. Современные движения земной коры осадочных бассейнов / В.А. Сидоров, Ю.О. Кузьмин. – М.: Наука, 1989.
9. База экспериментальных данных о параметрах современных геодинамических движений / А.Д. Сашурин, В.В. Мельник, А.А. Панжин и др. // Свидетельство о государственной регистрации базы данных от 26.02.2014 г. №2014620345.
10. Сашурин А.Д. Современные геодинамические движения и их роль в формировании напряженно-деформированного состояния массива горных пород / А.Д. Сашурин // Геомеханика в горном деле: доклады Всероссийской научно-технической конференции с международным участием 4-5 июня 2014 г. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2014. – С. 3 – 12.