

УДК 622.831.551.24

И.Ю. Рассказов, Б.Г. Саксин, П.А. Аникин

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АНТЕЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ УДАРООПАСНОСТИ

Рассмотрено значение природных факторов в процессах формирования современной природно-техногенной геодинамической системы месторождения Антей.

Показано, что местоположение тектонического клина, вмещающего рудные зоны месторождения определено физико-механическими свойствами геологической среды и ее структурой (особенно формой тела позднепалеозойских гранитоидов), которые сформированы до начала эксплуатационных работ. Акустический мониторинг, охвативший большую часть обрабатываемых блоков, выявил активную зону, перемещение которой не согласуется с планами горных работ, но хорошо объясняется природными факторами.

Ключевые слова: тектонический клин, гранитоид, акустический мониторинг, удароопасность, гнейсовидность.

Семинар № 16

Под природно-техногенными геодинамическими структурами (ПТГС) понимаются локальные системы, включающие в себя тектонические нарушения и геоблоки широкого спектра форм и размеров, вычленимые разрывами, горными выработками, выработанными пространствами, зонами сдвига и обрушения горных пород, которые возникают в земной коре при интенсивном техногенном воздействии, в результате горных работ, крупномасштабном подземном строительстве, добыче углеводородного сырья и других видов воздействия. При этом происходит перестройка и самоорганизация предельно напряженного массива горных пород, сопровождающаяся высвобождением энергии и проявляющаяся как в деформационных, так и в геофизических волновых полях.

В пределах подобных систем проявляются различные формы разруше-

ния геологической среды, которые в отдельных случаях приводят к техногенным катастрофам (горные и горно-тектонические удары). Влияние природных факторов на процесс формирования удароопасности покажем на примере относительно хорошо изученной современной геодинамической системы месторождения урана Антей (юго-восточное Забайкалье).

Месторождение Антей входит в состав известного Стрельцовского урановорудного узла, который приурочен к мезозойской Тулукуевской кальдере. По мнению большинства исследователей положение кальдеры контролируется крупным долгоживущим тектоническим узлом разломов северо-восточной, субмеридиональной и северо-западной ориентировки. Большинство месторождений рудного узла локализовано в вулканогенно-осадочных образованиях Тулукуевской кальдеры.

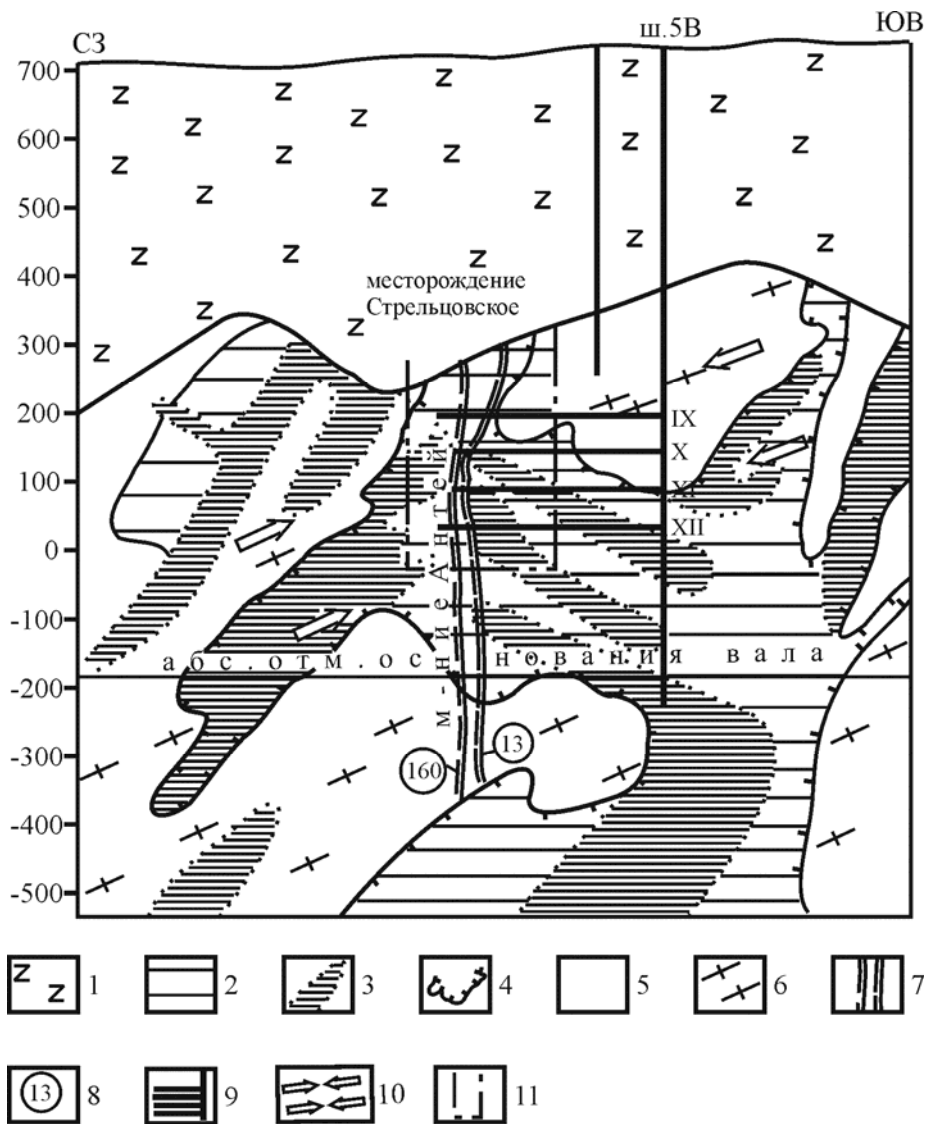


Рис. 1. Неоднородности геологической среды в районе шахтного поля месторождения Антей (по данным ГРП 324 СЭ): 1 – вулканогенно-осадочные образования верхней юры (пологозалегающие горизонты лав среднего, основного и кислого составов, перемежающиеся с туфопесчаниками и конгломератами); 2-6 – основные литологические различия пород фундамента кальдеры: 2 – крупнозернистые порфирированные биотитовые граниты; 3 – лейкократовые и аплитовидные граниты; 4 – общий контур интрузивного тела позднепалеозойских гранитоидов; 5 – раннепалеозойские среднезернистые биотитовые граниты с блоками и ксенолитами плагиогранитов и гранодиоритов; 6 – направление гнейсирования в раннепалеозойских гранитах; 7 – главные рудоконтролирующие разломы месторождения Антей; 8 – номера разломов; 9 – подземные горные выработки (римские цифры – номера горизонтов); 10 – направление регионального сжатия до начала массового освоения месторождения (по данным геомеханических станций, удаленных от мест очистных работ); 11 – контур области ведения горных работ (более детально изображен на рис. 2).

Из эксплуатируемых в настоящее время объектов рудного поля, только месторождение Антей залегает в структурах погребенного фундамента.

Рудное поле месторождения Антей локализовано в структуре следующего иерархического уровня – пересечении валобразного поднятия погребенного фундамента северо-западного направления с рудоподводящей Аргунской зоной разломов северо-восточной ориентировки. Последняя в свою очередь наследовала направление замковой части древней гнейсово-купольной структуры. Структурный каркас месторождения Антей (рис. 1) представлен сближенными субпараллельными разломами № 160 и № 13. Они имеют субмеридиональную ориентировку и крутое падение [1–2]. Упомянутые разломы формируют «тектонический клин», внутреннее пространство которого интенсивно дезинтегрировано по сравнению с окружающими породами (частота встречаемости крутопадающих тектонических швов в пределах клина в 2–3 раза выше, чем за его пределами).

Район рудного поля преимущественно сложен крупнозернистыми порфиридовидными биотитовыми гранитами и среднезернистыми биотитовыми (до лейкократовых) гранитами (рис. 1).

Меньшее распространение имеют плагиограниты, гранонодиориты и единичные дайки долеритов. Гнейсовидность сохранилась в раннепалеозойских среднезернистых гранитах, свидетельствуя о наличии линейной неоднородности этих пород. В разрезе, ориентированном вкрест простирания тектонического клина, она имеет северо-западное падение. Последовавшее затем внедрение древо-

образного тела гранитов позднего палеозоя во многом наследует данное направление, что находит отражение в его морфологических особенностях. Примечательно, что в описываемом теле участки сложенные лейкократовыми гранитами группируются преимущественно в его ветвящейся верхней части, тяготея к эндократовым зонам. Эти породы занимают около половины объема тела гранитоидов. Они отличаются повышенным содержанием кварца и поэтому характеризуются максимальными значениями упруго-прочностных параметров. Композиция тел лейкократовых гранитов создает сводовую структуру, в наиболее напряженной, шарнирной, части которой заложился и развивается тектонический клин. Таким образом, возникновение тектонического клина в данном месте валобразного поднятия фундамента определилось физико-механическими неоднородностями геологической среды и ее структурными особенностями, т.е. природными факторами, которые сформировались до начала работы горного предприятия. Петрофизическое исследование образцов гранитоидов из разлома № 160 и № 13 (по данным ИГЕМ РАН) показало, что в пределах разлома № 13 закономерно падает значение плотности и скоростей упругих волн, в том числе и потому, что он чаще пересекает тела лейкократовых гранитов.

На рис. 1 показано направление естественного современного регионального сжатия, которое установлено на ранних стадиях отработки месторождения. Геомеханические станции, с помощью которых выполнены измерения, располагались вне зоны влияния очистных работ. Последующие изучения показали, что в регионе современное региональное поле напряжений задается горизонтальным

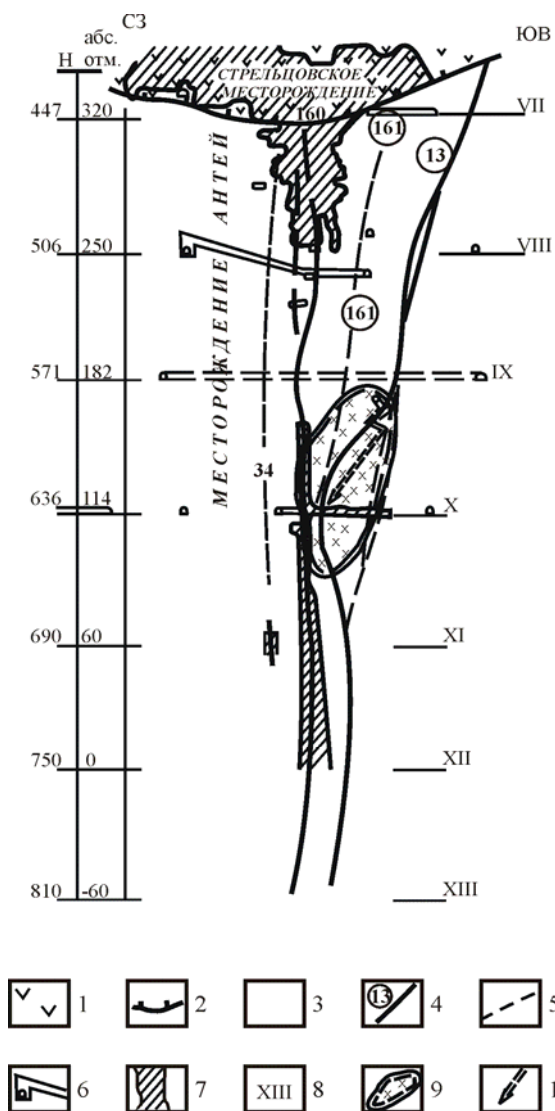


Рис. 2. Пространственное положение и динамика очагов АЭ (I-III квартал 2009 г.) в зоне контроля месторождения Антей (разрез по разведочной линии 632 через центральную часть контролируемой зоны): 1 – вулканогенно-осадочные образования Тулукуевской кальдеры; 2 – поверхность погребенного кристаллического основания кальдеры; 3 – гранитоиды фундамента; 4 – рудоконтролирующие разломы и их номера; 5 – прочие разломы и их номера; 6 – подземные горные выработки; 7 – отработанное пространство; 8 – номера горизонтов; 9 – общая позиция акустически активной области; 10 – направление миграции очагов акустической эмиссии в 2009 г.

геометрию выработанного пространства. Оруденение прослежено бурением до глубины 1500 м. Однако контур промышленных руд не опускается ниже 900 м, что согласуется с гипсометрией основания вала гранитоидов. Мощность рудных тел изменяется от нескольких метров до первых десятков метров. Протяженность по простиранию (до горизонта X) составляет 300–350 м. К горизонту XIII протяженность промышленного контура по простиранию возрастает до 800 м (вытягиваясь в ССВ направлении).

Фронт очистных работ соответственно продвигается в этом же направлении. В этой связи, ССВ фланг отработанного пространства всегда более изрезан, чем противоположный. Выявлены закономерности процесса разрушения контура выработок в зависимости от их расположения относительно фронта очистных работ. Установлено, что наиболее опасными являются межблочные целики. В настоящее время добыча осуществляется на глубинах 580-740 м, а на ниже лежащих горизонтах ведутся горно-подготовительные рабо-

перемещением Евразийской литосферной плиты. Региональное поле, на зональном и локальном уровнях, может перераспределяться в соответствии с характером движения более мелких блочно-иерархических масс.

Тектонические нарушения № 160 и № 13 являются основными рудовмещающими структурами месторождения Антей (рис. 2).

В этой связи именно они, особенно разлом №160, определяют конечную

ты. Выработанное пространство закладывается твердеющей смесью.

Считается, что в результате эксплуатации месторождения на фоне геостатических напряжений, которые определяются описанными природными факторами, создаются зоны техногенного напряженно-деформированного состояния трех типов: 1) разгрузки, 2) временного опорного давления, 3) стационарного опорного давления.

По мере развития добычных работ происходит изменение формы и объема выработанного пространства, а также конфигурации фронта очистного забоя. Применительно к новым условиям отмеченные зоны изменяют свое местоположение и объем. Так, измерения на реперных точках [3], начиная с 1996 г., показали, что вначале максимальные смещения (сжатия) закладки происходили на горизонтах 8 и 10, а в последние годы уже фиксируются на горизонтах IX и XI, где достигают 51 мм в год (см. рис. 2).

По результатам обобщения многолетних наблюдений за характером разрушения контура горных выработок и дискования керна скважин, которые выполнены на горизонтах с 7 по 11 (в этаже 240 м), выявлена значительная неоднородность поля напряжений. Она фиксируется по изменению не только величины, но и направления главных напряжений. Кроме того, установлена взаимосвязь подобных изменений с элементами морфологии погребенного палеорельефа. Замечено, что выработки, пройденные вдоль направления действия регионального поля напряжений минимально испытывают его негативное влияние. Главенствующее значение на перераспределение техногенного поля напряжений имеют пространственно-геометрические особенности развития очистных работ.

Для прогноза удароопасности на месторождении «Антей» с 2006 года применяется автоматизированная система контроля горного давления (АСКГД) «**Prognoz-ADS**». Система обеспечивает эффективную регистрацию акустических сигналов, их оцифровку, обработку и передачу по цифровым каналам связи в центральный компьютер, с которого осуществляется управление измерительно-вычислительным комплексом [4-5].

В настоящее время наблюдательная сеть АСКГД, включает в себя 19 цифровых приемников акустических импульсов. Они установлены в скважинах, пробуренных из горных выработок на IX, X, XI и XII горизонтах рудника «Глубокий» в этаже 570–750 м. Зона контроля автоматизированного измерительно-вычислительного комплекса охватывает большую часть отрабатываемых блоков. В 2009 г. отрабатывались блоки ба-1006, ба-1102, ба-1212, ба-1202 и дорабатывались вторичные заходки в блоке ба-1110.

Анализ базы данных АЭ событий, которые зарегистрированы в процессе мониторинга с первого по третий кварталы 2009г., показал, что большая их часть (38 %) лоцировалась в блоке ба-1006 (рис. 2). Крупная долгоживущая акустически активная зона приурочена преимущественно к контурам очистных выработок, а также отчетливо приурочена к «пережиму» между разломами № 160 и № 13, который пространственно совпадает с описанной выше шарнирной зоной (рис. 1). Ранее на этом участке массива неоднократно отмечались динамические проявления горного давления, вплоть до горного удара. В пределах зоны контроля на уровне IX и X горизонтов в 2009 году наблюдается характерный направленный процесс миграции акустически активной зоны. На протяжении всего года активная зона перемещалась со средней скоро-

стью 23...27 м/месяц. Каждый раз зона насчитывала от 10 до 20 очагов. В среднем объем самой акустически активной зоны составлял около 32 м³. Энергетический показатель суммарной энергии очаговой зоны колеблется от десятков до первых сотен Дж, причем в местах, где скорость миграции понижается, энергетическое значение акустически активной зоны повышается в несколько раз по отношению к более ранним значениям. На рис. 2 показана общая траектория миграции акустически активной зоны в 2009 г. Характер передвижения зоны не сопоставляется с планами ведения горных работ, но отчетливо коррелирует с геологоструктурной ситуацией. Область акустической активности зарождается на удалении от места «пережима» но отчетливо перемещается в его направлении вдоль разлома № 13. В этой связи, место «пережима» было и остается местом концентрации и последующей разрядки техногенных напряжений и поэтому требует постоянного контроля за горным давлением.

Анализ полученных результатов дает основание для следующих выводов:

- важной региональной особенностью геосреды, вмещающей месторождение Антей, является наличие в разрезе погребенных поверхностей раздела (пологих и крутых сместителей в виде контактов разномодульных геологических тел и разломов), а также их разная ориентировка в пространстве. На следующем иерархическом уровне аналогичные им элементы в сочетании с формируемыми особенностями геометрии шахтного поля, контролируют положение очагов аномальных очагов акустической эмиссии.

- в пределах природно-техногенных геодинамических структур, в зоне изменяющегося во времени выработанного пространства могут возникать деструктивные участки, положение которых в основном определяется вещество-структурными особенностями геологической среды, т.е. обнаруживаются участки, где роль природных факторов становится решающей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков А.Н. Прогноз удароопасности горнотехнических ситуаций на перспективные глубины разработки // Горный журнал, 1993 – № 4 – с.51–56

2. Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г. Особенности геодинамики и геомеханических условий месторождения, залегающего в крутопадающих разрывных структурах погребенного фундамента // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009. – № 7. – С. 296–303

3. Особенности динамических проявлений горного давления на месторождении «Антей» / И.Ю. Рассказов, Б.Г. Саксин, Б.А. Просекин и др. // Горный информационно-

аналитический бюллетень. М.: МГУ, 2007.– № ОВ9.– С. – 167–177.

4. Рассказов И.Ю., Аникин П.А., Искра А.Ю., Саксин Б.Г., Мирошников В.И. Результаты геоакустических исследований удароопасности на месторождении «Антей» // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009. – № 4ОВ. – С. 41–49.

5. Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г., Шабаров А.Н., Святецкий В.С., Просекин Б.А. Контроль динамических проявлений горного давления при разработке месторождения «Антей» // Горный журнал, 2009. – № 12. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Рассказов И.Ю. – доктор технических наук, директор Института горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, adm@igd.khv.ru

Саксин Б.Г. – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск

Аникин П.А. – научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск

