

УДК 551.213:624.131.1

**ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОМОНИТОРИНГА НА ГОРНОРУДНЫХ
ОБЪЕКТАХ**

Т.Л. Тесленко

Разработана методика прогноза развития техногенных процессов, которая может быть использована на любой стадии изучения и эксплуатации месторождения. Предложены: этапы подготовки проведения геомониторинга и новая классификация опасных геодинамических процессов. В основу классификации положен принцип прогнозирования и управления процессами. Выполнен анализ причин развития техногенных процессов на Соколовском месторождении.

В настоящее время во многих странах приступили к созданию специализированной системы наблюдений, которая называется мониторингом антропогенных изменений природной среды, т.е. систему наблюдений, оценки и прогноза изменений её состояния. Особенно важным является проведение мониторинга в регионах с активной горно-рудничной деятельностью человека. *Мониторинг - это повторяющееся и непрерывное наблюдение, измерение и контроль современного состояния окружающей среды в определенных пунктах и в определенные периоды времени с использованием сопоставимых методов измерений и сбора данных, а в ближайшем будущем – использование полученной информации для управления природными и антропогенными процессами.*

Исходя из определения мониторинга, необходимо организовать сбор, автоматизированную обработку, систематизацию и хранение информации по состоянию окружающей среды на всех стадиях геологоразведочных работ, начиная с геологической съемки. На стадии детальной разведки месторождения необходимо проводить инженерно-геологические исследования, которые дополняют и обновят информацию об инженерно-геологических условиях и состоянии окружающей среды. Эти данные послужат базовой основой для построения геоинформационных систем мониторинга горнорудных объектов и природно-технических систем горнорудных районов. При оценке различных антропогенных воздействий на геосреду необходимо проводить непрерывный и всесторонний анализ развивающихся процессов.

Проявление тех или иных техногенных процессов зависит от горно-геологических условий месторождения и способа его отработки. Горно-геологические условия predetermined геодинамическими обстановками, которые изменялись на протяжении всей истории развития региона.

Вскрытие породных массивов горными выработками, приводит к перераспределению естественного напряженного состояния массивов, что проявляется в виде деформаций стенок и кровли выработок, мульды сдвижения над шахтными полями, к активизации карста, суффозии, пльвунов и других процессов и явлений. Прогнозировать развитие геодинамических процессов можно на стадии проектирования карьеров и подземных рудников. На наш взгляд, наиболее рациональным является разделение геомониторинга на этапы, причем этапы с 1 по 4 можно считать подготовительными, благодаря которым создается база данных для проведения геомониторинга, а на 5 этапе выполняется мониторинг и управление антропогенными процессами. Мы предлагаем следующее содержание этапов:

1 этап – анализ и переинтерпретация геологических материалов томов «Геология СССР» для восстановления исторической последовательности развития геодинамических условий формирования изучаемого региона;

2 этап – предварительный прогноз развития техногенных процессов, на основании региональных материалов и геодинамического анализа;

3 этап - разработка методов по уменьшению вредного техногенного воздействия на геологическую среду;

4 этап – сбор и обработка геологических материалов полученных при разведочных работах. Осуществляется прогноз развития инженерно-геологических процессов с указанием на карте мест развития процессов. Для каждого конкретного процесса разрабатывается программа наблюдений, задается сеть мониторинга;

5 этап – постоянное наблюдение и одновременная оценка фактического прогнозируемого состояния геологической среды. Просто наблюдение за изменением состояния окружающей среды – это констатация фактов, нам необходимо научиться управлять антропогенными процессами. Поэтому, внедряя методы по уменьшению техногенного воздействия на геологическую среду, необходимо следить за ходом дальнейшего развития процесса.

В том случае, если месторождение еще не разрабатывалось, первые три этапа необходимо выполнить на стадии проектирования горных работ. На четвертом этапе, после получения фактических материалов по данным

разведки, необходимо составить инженерно-геологическую карту и инженерно-геологические разрезы с прогнозируемыми процессами и явлениями. Пятый этап осуществляется в течение всего периода эксплуатации месторождения, в некоторых случаях и после прекращения работы горнорудного предприятия.

В качестве примера, применяя схему организации мониторинга, выполним анализ условий отработки Соколовско подземного рудника, расположенного в Торгайском прогибе Валерьяновской структурно-формационной зоны.

Первый этап. Анализ и переинтерпретация геологических материалов для восстановления исторической последовательности развития геодинамических условий формирования изучаемого региона. В работе [1] предложена геодинамическая модель развития изучаемого района. Из которой следует, что Соколовско-Сарбайские магнетитовые месторождения образованы как эксгалационно-осадочные в раннюю стадию развития островной дуги. Залежи руд стратиформные. Месторождения расположены в сутурной зоне, находящейся между Уральским орогеном и надвинувшимся на запад Казахстанским континентом. То есть заключительный этап формирования структур, к которым приурочены месторождения, сопровождался сжатием в субширотном направлении. В мезозое здесь происходила аккумуляция морских отложений, а в кайнозое – были созданы континентальные условия.

Вывод: 1) Породы, содержащие рудные тела, были деформированы в период закрытия окраинного моря, приобрели крутопадающее моноклиналиное залегание.

2) Коренные породы перекрыты мезо-кайнозойским чехлом осадочных образований различного литологического состава и физико-механических свойств.

Второй этап. Предварительный прогноз развития техногенных процессов, на основании региональных материалов и геодинамического анализа. На основании анализа геологического строения и геодинамических условий формирования региона, выполненных на первом этапе, можно дать предварительный прогноз развития геодинамических процессов, обусловленных техногенным влиянием, используя классификацию опасных геодинамических процессов, формирующихся под влиянием техногенного воздействия, не

зависимо от способа воздействия на среду. В основу классификации положен принцип прогнозирования процессов и управление ими [2].

Первая категория (I) – развитие трудно прогнозируемых в пространстве и времени, неуправляемых процессов, которые характеризуются внезапностью и катастрофичностью проявления. Последствия этих процессов – жертвы, нарушение эксплуатации инженерных сооружений: активизация влияния карста; внезапные прорывы пльвунов; самообрушение камер; динамическое проявление горного давления; прорывы глин в горные выработки; мульды сдвижения; формирование техногенных пустот при разработке месторождений полезных ископаемых.

Ко второй категории (II) отнесены процессы, – развитие которых можно прогнозировать. Они развиваются медленно, но предотвратить их сложно ввиду большого площадного развития или значительных капиталовложений: техногенное заболачивание территории; активизация суффозионных процессов; выветривание; формирование депрессионных воронок за счет действия водозаборов; формирование депрессионных воронок за счет разработки месторождений полезных ископаемых.

Третья категория (III) характеризуется локальным развитием процессов, которые можно прогнозировать, уменьшать или предотвращать их отрицательное воздействие: обводнение горных выработок; техногенные землетрясения при разработке месторождений полезных ископаемых; прорыв воды из непогашенных пустот в рабочие горные выработки.

Третий этап. Разработка методов по предотвращению прогнозируемых процессов требует изучения специальной литературы, патентных изобретений.

Методы, предусматривающие предотвращение некоторых техногенных процессов. Из трех категорий развития техногенных процессов, по первой категории на изучаемом месторождении могут проявиться 7 видов процессов, причем четыре из них можно было предвидеть и предотвратить. К этим процессам отнесены: активизация карста, прорыв пльвунов, самообрушение камер, прорыв воды в горные выработки.

После отработки камер, особенно верхних горизонтов, необходимо осуществить их закладку, а в период эксплуатации месторождения ни в коем случае нельзя нарушать регламент отработки. В южной части месторождения, где среди поверхностных отложений мезо-кайнозойского чехла распространены пески, возможен прорыв пльвунов в отработанные камеры. Для предотвращения этого явления, необходимо провести гидроизо-

ляцию и крепление кровли камер, расположенных непосредственно под массивом песков.

Во избежание прорыва глин в горные выработки через смежные камеры, расположенные при крутом залегании непосредственно друг над другом, после отработки горизонта, также необходимо осуществлять закладку камер.

Из четырех видов процессов второй категории, по крайней мере, развитие одного процесса можно не допустить – это суффозионные процессы. Они могут развиваться только в поверхностных отложениях, сложенных глинистыми минералами. Их проявление возможно только при нарушении почвенно-растительного покрова. Но нарушение технологии отработки месторождения может привести к обрушению потолочин камер, а это повлечет за собой формирование на поверхности шахтного поля деформационных воронок и активизацию суффозионных процессов.

Из трех процессов третьей категории, один процесс – прорыв воды из непогашенных пустот предотвратить можно, если не оставлять отработанное пространство без закладки. Относительно техногенных землетрясений: для уменьшения сейсмического эффекта, можно регулировать мощность заряда и частоту взрывов.

Четвертый этап. Сбор и обработка геологических материалов полученных при разведочных работах. Детальный прогноз развития геодинамических процессов. Осуществляется прогноз развития инженерно-геологических процессов с указанием на карте мест развития процессов. Для каждого конкретного процесса разрабатывается программа наблюдений и указываются места проведения мониторинга.

Анализ горно-геологической документации Соколовского рудника позволил установить механизм развития деформаций в подземных выработках и выяснить причины возникновения воронок. Нами установлены фазы развития воронок.

1 фаза – обрушение потолка камер в слоистых, сланцеватых или интенсивно трещиноватых породах, вследствие подрезки крутозалегających слоев. Этот процесс может охватить несколько горизонтов. Если камера расположена близко к поверхности кровли палеозоя, или в зоне сближенных разломов, обрушение развивается по вертикали вверх. Если камера находится вне зоны разломов, или на более глубоком горизонте, первоначальная деформация развивается по напластованию, т.е. камера становится не вертикальной, а длинной наклонной. Этот процесс будет развиваться до тех пор, пока не произойдет обрушение всех подрезанных слоев.

2 фаза – при достижении провала до кровли палеозоя, вступает в силу суффозионный процесс. Вначале он будет развиваться под землей, вода по образовавшимся трещинам проникнет в горные выработки, высачиваясь из трещин, неся с собой глинистые частицы.

3 фаза – когда суффозионная полость будет уже большой, на поверхности шахтного поля образуется провал. У бровки провал будет иметь характерную вертикальную стенку.

4 фаза – наступит после прекращения эксплуатации месторождения, либо при постоянном и полном осушении воронок. В этом случае грунт, осыпавшийся с бортов воронок, не будет вымываться в горные выработки, и воронки будут засыпаны.

Анализ развития воронок, показал, что над карстовым полем развиты три воронки. Установить причины их развития на поверхности удалось только после изучения рудных горизонтов. В районе развития карстующихся пород, были пройдены отдельные камеры на горизонтах 0, –60, –90, –120, –160. Большое количество рудных тел относится к горизонтам и –190 и –260. Образование воронок не связано с отработкой горизонтов 0...160, и воронки сформировались при отработке горизонтов –190 и –260.

Инженерно-геологическая оценка гидрогеологических условий показала неравномерное распределение депрессионной воронки. В центральной части шахтного поля, где развиваются воронки, уровень воды минимальный, к западу, изолинии расположены густо, и довольно близко к шахтному полю, а на востоке – изолинии более разреженные и отстоят далеко от шахтного поля. По-видимому, такое размещение изолиний обусловлено различным литологическим составом рыхлых пород.

На территории горного отвода в процессе разведочного бурения были обнаружены локальные участки различных литологических разностей: пески, глины лигнитовые и каолиновые (рисунок). Проверена возможность проникновения этих отложений в подземные выработки и их влияние на развитие суффозионных воронок. Непосредственно под воронками 1, 2 (южная часть шахтного поля) и у воронки 3 (на севере) залегают массивы песков. Вероятно, увлажненные пески проникли в выработки, и на поверхности шахтного поля сформировались воронки 1, 2, 3. Воронка 5 располагается над массивом лигнитовых глин. Остальные тела глин расположены за пределами шахтного поля и какого-либо воздействия на горные выработки не оказывают.

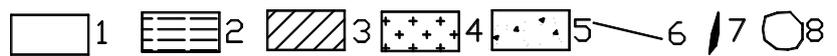
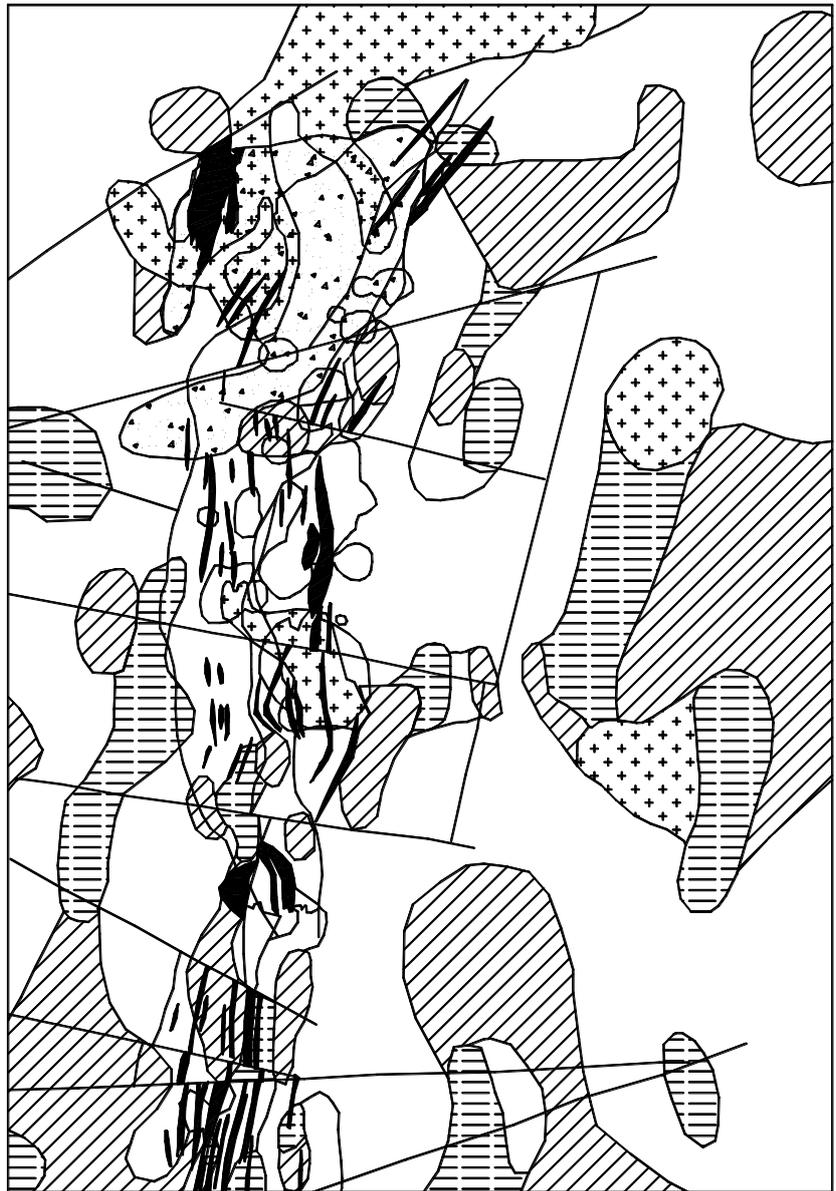


Рисунок. Схематическая геологическая карта мезозойских отложений Соколовского железорудного месторождения. 1 – кора выветривания; 2 – лигнитовые глины; 3 – каолиновые глины; 4 – пески; 5 – карстующийся массив; 6 – рудные тела; 7 – суффозионные воронки, сформированные над шахтным полем.

Использование программы AutoCAD позволило сопоставить расположение воронок на поверхности шахтного поля с горизонтами отработки. Была получена трехмерная модель месторождения. Это позволило выяснить причины образования воронок (таблица), и установить зоны техногенной проницаемости между горизонтами.

Таблица

Анализ причин формирования суффозионных воронок

Номер воронки	Причины формирования суффозионных воронок
1	Обрушение потолочин в камерах, расположенных по падению пласта, при отработке горизонтов от 0 до –260.
2	Обрушение потолочин в камерах, расположенных по падению пласта, при отработке горизонтов от 0, –60, –90.
3	Обрушение потолочин в камерах, расположенных по падению пласта, при отработке горизонтов от 0 по –260.
4	Обрушение потолочин в камерах, расположенных по падению пласта, при отработке горизонтов от –60 по –90.
5-7	Результат подработки горными выработками горизонтов –190 и –260 – под массивом закарстованных пород, возможно также, что воронка расположена в зоне сочленения разломов.

Пятый этап – постоянное наблюдение, одновременная оценка фактического состояния геологической среды, внедрение мероприятий по уменьшению или предотвращению опасных инженерно-геологических процессов при продолжающемся наблюдении.

Этот этап соответствует проведению геомониторинга и управления техногенными процессами. Он должен осуществляться по специально разработанной методике сотрудниками отдела мониторинга.

Полевые методы изучения некоторых инженерно-геологических процессов

Учитывая то, что на горнорудных предприятиях, отсутствует опыт изучения инженерно-геологических процессов, а существующая документация не информативна, в качестве примера можно рекомендовать следующую программу:

Методика изучения шахтного поля и воронок

Изучение шахтного поля (недоступных уступов в карьерах) связано с большим риском для жизни. Поэтому для их изучения, необходимо использовать современные дистанционные приборы.

Документация: 1. Полевой дневник. 2. План шахтного поля – по результатам инструментальных съемок; 3. Фотодокументация воронок.

Содержание полевого дневника: 1. Номер воронки; 2. Дата выхода воронки на поверхность; 3. Площадь воронки, м²; 4. Глубина, м; 5. Состояние стенок (вертикальное, наклонное, указать крутизну в градусах в верхней части воронки, в средней и в нижней); 6. Литологический состав пород, слагающих стенки воронки (глины, суглинки, супесь), 7. Выходы родников в бортах воронки, глубина их выхода от поверхности, привязка относительно сторон горизонта; 8. Глубина уровня воды в воронке, м; 9. Изучение заколов: расстояние от бровки до закола, расстояние между заколами, протяженность заколов, сделать привязку положения заколов относительно сторон горизонта.

Такие исследования необходимо выполнять каждый месяц в течение весны, лета и осени (до образования снежного покрова). Поэтому, необходимо разбить базовую сеть.

Графические материалы: план шахтного поля с обязательной датой проведения съемки, необходимо обрабатывать в программе AutoCAD, или других аналогичных программах.

Установление причин образования воронок. Чтобы определить скорость развития воронки, требуется установить причину ее образования: деформации кровли в подземных выработках, нарушение почвенно-растительного покрова и т.д.

Документация: 1. Полевой дневник. 2. Маркшейдерский план горизонтов. 3. Фотодокументация кровли камеры. 3. Список камер для каждого рудного блока и горизонта с датой проходки камеры (и датой повторной отработки). 4. Компьютерный анализ фотодокументации для сравнения снимков, выполненных в различное время необходим для своевременного обнаружения деформаций и осуществления программы мониторинга.

Содержание полевого дневника: 1. Дата наблюдения. 2. Номер горизонта. 3. Номер рудного блока. 4. Номер камеры, координаты по маркшейдерскому плану. 5. Номер снимка (базовая точка снимка должна быть постоянной для повторных съемок, причем, при фотодокументации объектов исследования необходимо для масштаба поставить геодезическую рейку, заготовки цифр для обозначения номеров снимков, отвес, который можно использовать для определения угла наклона трещины относительно горизонта – все эти приспособления должны попасть в кадр). 6. Название снимаемого объекта (кровля, стенка камеры с указанием расположения относи-

тельно сторон горизонта). 7. Дата обнаружения деформаций в подземных выработках (заполнить после обработки фотодокументации при помощи компьютера). При обнаружении на снимке образовавшейся трещины, выполнить замер ее протяженности, ширины раскрытия, ориентировку относительно сторон горизонта и относительно горизонтальной поверхности.

Методика инженерно-геологического изучения материалов разведочного бурения.

Документация: 1. Полевой дневник. 2. Карта фактического материала. 3. Фотодокументация.

Содержание полевого дневника: 1. Номер скважины, 2. Абсолютная отметка устья скважины, м; 3. Проектная глубина скважины, м; 4. Указать мощность, глубину залегания, литологический и гранулометрический состав покровных отложений.

Изучение керна вмещающих пород. Изучение керна необходимо для проведения оценки инженерно-геологического состояния породных массивов. Это даст представление о состоянии пород, наличии ослабленных зон и глубине развития возможных деформаций.

В том случае, если бурение велось бескерновым способом, отметить интервал глубин (и мощность) зоны поглощения промывочной жидкости. При изучении керна обязательно указывать глубину отбора образца, диаметр керна. Изучение керна проводится по следующей программе:

1. Цвет, структура, текстура, петрографический состав пород;
2. Замерить высоту столбиков керна – для оценки сохранности пород по выходу керна (RQD) и количество кусков на погонный метр.
3. Выделить взаимно-параллельные трещины (системы). Определить густоту трещин для каждой системы. Замерить угол наклона слоистости (сланцеватости) к оси керна, и угол наклона каждой системы трещин относительно оси керна и относительно слоистости. Сделать схематическую зарисовку керна (по всей скважине, и указать (RQD), все системы трещин, зон дробления, развития карста и т.д.), сделать фотографии керна (в масштабе) – для этого рядом с фотографируемым объектом необходимо положить линейку с делениями, и номер снимка.
4. Характер заполнителя: трещины залеченные – указать ширину трещин и состав заполнителя, открытые – определить характер поверхности стенок трещин: прямые, извилистые, гладкие, шероховатые.

5. Замерить мощность и глубину залегания зоны дробления, и ее ориентировку относительно оси керна. В описании отметить: состояние раздробленности (размер обломков: дресва, щебень, глина и т.д.).
6. Глубина залегания кровли и почвы карстующихся пород.
7. Размер карстовых пустот.
8. Характер заполнителя пустот (глина, какой-либо минерал, воздух).

Изучение трещиноватости в подземных горных выработках

1. Привязка точки наблюдения: № горизонта, № рудного блока, № камеры, указать координаты по плану, отметить на плане точку наблюдения. Выполнить петрографическое описание вмещающих пород (цвет, структура, текстура). Сделать фотоснимок стенки выработки (для масштаба поставить геодезическую рейку) и указать размер площадки, где изучалась трещиноватость.

Чтобы избежать утомительных массовых (для статистики) замеров трещин, достаточно выделить системы трещин, перед съемкой у каждой трещины, характеризующей систему, поставить римскими цифрами номера систем и сделать фотоснимок, замерить компасом элементы залегания трещин (если трещина наклонная, замеряют азимут падения и угол падения, если трещина вертикальная, то замеряют азимут простирания плоскости трещины). Замер густоты трещин – расстояние между плоскостями трещин одной системы можно выполнить по фотоснимкам на компьютере.

При изучении трещиноватости, особое внимание нужно уделить тем трещинам, которые направлены в сторону выемки, т.к. это плоскости ослабления, по которым будут развиваться наиболее мощные деформации, а также следить за заполнителем трещин. *В том случае, если в горную выработку начнет поступать глина, необходимо срочно сообщить об этом явлении руководству рудника.* Так как это свидетельствует о начале процесса выпора глины в горные выработки, что может привести к крупнейшим авариям.

Системы трещин, выделенные для каждой петрографической разновидности пород при изучении керна и в подземных выработках, можно увязать азимутально, если замеры трещин в керне проводились относительно слоистости (сланцеватости). Установить системы трещин, оказывающих влияние на устойчивость стенок горной выработки, можно решить при помощи графического метода, приведенного в работе [3].

Выводы:

1. Трехмерное моделирование месторождения, позволяет установить зоны техногенной проницаемости между горизонтами.

3. Разработка методической документации по изучению инженерно-геологических процессов позволит оптимизировать работу горнорудных предприятий.

4. Организация геомониторинга требует вложения определенных средств: использование компьютерных программ: AutoCAD, ArcInfo, Map Info и др., применение современных геодезических приборов для дистанционного изучения трудно доступных (опасных участков), цифровые фотокамеры и др.

5. Для проведения мониторинга, необходимо создание специализированного отдела с постоянным штатом сотрудников, специалистов по инженерной геологии, по гидрогеологии, по геодезии, владеющих современными компьютерными технологиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев А.А. Геодинамическая модель и металлогения Южного Урала / Экспресс-информация. М.; ВИЭМС, 1983.
2. Опасные геодинамические процессы на территории Казахстана: Пояснительная записка к комплекту карт Казахстана масштаба 1:2000000 / Бочкарев В.П., Подольный О.В. и др.– Кокшетау, 2004. – 182 с.
3. Тесленко Т.Л. Графические методы определения углов устойчивого откоса в скальных массивах. – Библиогр. Указ. КазНИИНТИ «Депонир. В КазНИИНТИ научные работы», Алма-Ата, 1995 г., № 1 Деп. Рук. № 5845.

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева

ТАУ САЗБАЛАРЫ ОБЪЕКТІЛЕРІНЕ ГЕОМОНИТОРИНГТІ ҮЙЫМДАСТЫРУ

Т.Л. Тесленко

Кенорындарын зерттеу және игеру кезеңінің кезкелген сатысында пайдалануға болатын, техногендік процестердің дамуын бағалайтын тәсіл жасалынды. Геомониторингтық негізші құрылымы берілген. Соколов кенорнын игеру кезіндегі техногендік процестердің даму себептеріне талдау жасалынған. Қауіпті геодинамикалық процестердің жаңа жіктемесі ұсынылған. Жіктеме негізіне бағалау және процестердә басқару принциптері алынған.