

зонами найбільших дефектів, виявлених у процесі обстеження будівлі.

Така точність збігу розрахункових характеристик з натурними обстеженнями дозволяє скласти прогноз відносно елементів відповідальних конструкцій, що знаходяться в стані, близькому до граничного, і дати рекомендації щодо їх посилення.

Отже, докладне і повне врахування структури будівлі в розрахункових моделях при динамічних впливах малої інтенсивності дозволяє отримати характеристики, які впливають не лише на міцність конструкцій, але й на людський організм, а врахування деформованої схеми будівлі дозволяє більш точно оцінити динамічні характеристики і параметри напружено-деформованого стану конструкцій будівель.

Урахування наведених особливостей в розрахункових моделях дозволяє також прогнозувати негативні динамічні впливи при реконструкції.

Прилади й устаткування неруйнівного і руйнівного контролю, за допомогою яких визначається фактична міцність, вологість, щільність, геометричні розміри та ін., з достатньою достовірністю дозволяють встановити початкові фізико-механічні характеристики будівельних матеріалів (цегла, бетон, розчин, деревина, метали) за перевірочними розрахунками.

Використання сертифікованих розрахункових програмних комплексів, у лінійної та нелінійної постановках, з урахуванням експериментально характеристик міцності дозволяє теоретично, на моделях з певним ступенем вірогідності оцінити несучу здатність що розраховується елемента або остов будівлі в цілому.

Така методика встановлення міцності і несучої здатності, на думку авторів, не повною мірою відповідає підвищеним вимогам оцінки залишкової міцності і несучої здатності для будівель I-го і II-го рівнів відповідальності.

Пропонується в подальших дослідженнях особливу увагу приділити розробці розрахункових моделей будівель та споруд, та уточнення методик розрахунку термінів наступного обстеження з урахуванням проведених методів реконструкції.

Список літератури

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. Затв. спільним наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України та Держнаглядохоронпраці України від 27 листопада 1997 р. за №32/288. – К.: НДІБВ, 2003. – 145 с.
2. Правила оцінки фізичного зносу житлових будинків КДП 75.11 – 35077234. 0015 :2009 Київ – 2009. Затв. наказом №21 від 03.02.2009р. – 50 с.
3. **Перельмутер А.В., Сливкер В.И.** Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – К.: ВПП «Компас», 2001. – 448 с.

Рукопис подано до редакції 19.03.13

УДК 528.498

О. Е. КУЛИКОВСКАЯ, д-р техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕЩЕНИЙ РЕПЕРОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРОДСКОЙ АВТОДОРОГИ

Приведены результаты анализа геодезического мониторинга горизонтальных и вертикальных смещений реперов наблюдательной станции городской автодороги в условиях влияния горных работ. Полученные данные позволяют не только уточнить параметры принятой модели деформации социально значимого для Кривбасса объекта - городской автодороги, но и спрогнозировать развитие процесса сдвижения, оценить степень риска возникновения негативных геодинамических явлений, предупредить их возникновение.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Существование и эксплуатация автодороги «Техбаза - кладбище «Западное»» - актуальная проблема, так как дорога находится в опасной зоне обрушения. Данный объект протяженностью 3,5 км является городской автодорогой, которая обеспечивает проезд автотранспорта от северной части г. Кривого Рога до кладбища «Западного» и выезд из северной группы рудников на трассу Кривой Рог - Кировоград, минуя центр города (рис. 1).



Рис. 1. Схема размещения реперов станции наблюдения на космическом снимке [1]

После землетрясения силой в 3,9 баллов, которое произошло в Кривом Роге 14.01.11 г., в 700 м от шоссе образовалась воронка размерами 50×70 м и глубиной 20 м, в связи с чем, была приостановлена работа двух криворожских шахт - ш. им. Артема (ПАО «ArcelorMittal Кривой Рог») и ш. «Родина» (ПАО «Криворожский железорудный комбинат»). Причиной остановки добычи руды также послужила угроза обрушения грунта и образования воронок, так как место расположения дороги находится в непосредственной близости от горного отвода вышеназванных шахт (рис. 2).

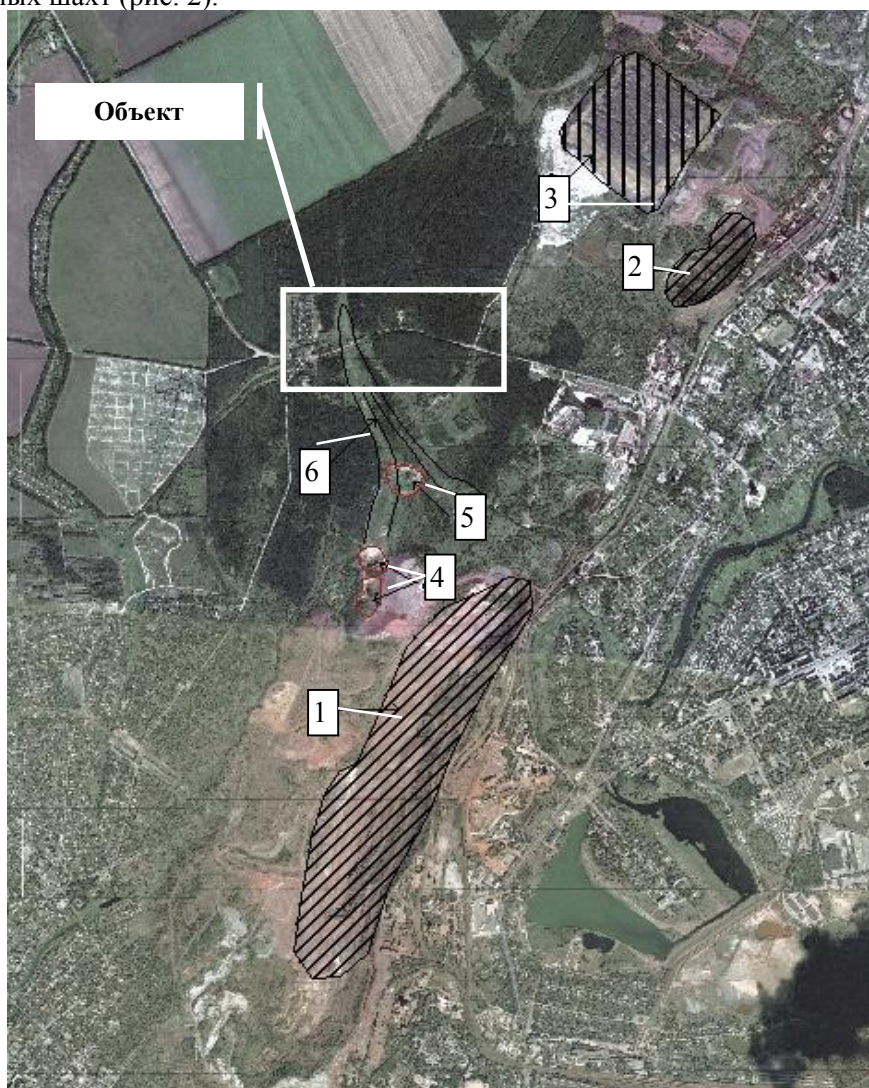


Рис. 2. Основные элементы и формы рельефа участка автодороги: 1 - карьер «Северный»; 2 - отработанный железорудный карьер № 2 бывшего РУ им. К. Либкнехта; 3 - отвал карьера № 1 ЦГОК; 4 - провальная зона; 5 - озеро «Чаша» в провальной воронке; 6 - Балка Ковальская

На рис. 2 видны крупнейшие провалы (метки 4,5). Вместе с тем, сегодня в районе уже образовались новые воронки разных размеров, которые на снимке не видно, но свидетельствуют о том, что постоянно происходят процессы деформации в массивах горных пород, за которыми требуется вести постоянные наблюдения, чтобы избежать их разрушительных действий.

Постановка задачи. Учитывая территориальное расположение автодороги,

климатические, геологические условия и пустоты, над которыми она проходит, вероятность ее деформации очень велика, поэтому мониторинг на данном объекте является своевременным, актуальным и позволит спрогнозировать опасные природно-техногенные явления.

Изложение материала исследований. В геологическом отношении участок дороги является частью крупной структурной единицы, так называемого восточного крыла Криворожского синклинория, который представляет собой синклинально-антиклинальный перегиб Саксаганского

синклинорія і антиклиналі. Общее крыло этих структур полностью уничтожено Саксаганским надвигом, благодаря чему синклиналь имеет только восточное крыло, а антиклиналь - западное. Саксаганская синклиналь составляет восточную часть участка и является основной структурой, к которой приурочены основные промышленные запасы железных руд шахт шахтоуправления по подземной добыче руды ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и ш. «Родина» [2].

В геологическом строении участка принимают участие: магматические породы архея, метаморфические породы Криворожской серии протерозоя, осадочный комплекс пород кайнозоя. Участок расположен в центральной части Саксаганского рудного района Криворожского железорудного бассейна, где распространены метаморфические железорудные формации докембрия. На размытой поверхности докембрийских пород горизонтально залегают осадочные кайнозойские отложения. Кайнозойские отложения в пределах участка дороги образуют сплошной покров, прерываемый лишь в местах наиболее глубокого размыва и выхода на поверхность коренных пород в балках Сулова и Каменистая. Мощность кайнозойских отложений зависит от рельефа коренных пород: в восточной части участка мощность их колеблется от 16 до 30 м, а в западной достигает 65 м. В структурном отношении район участка дороги представлен сложно построенной Криворожской моноклиной, которая осложнена Саксаганским и Восточным надвигами.

Образование Саксаганского и Восточного надвигов связано с разнонаправленным движением крупных блоков гранитоидной рамы (с запада на восток), который привел к сжатию Криворожской моноклины.

В дальнейшем происходил срыв и движение по латерали пород Криворожской серии. Развитие Саксаганского сдвига также проходило вместе с гравитационным сползанием горных масс или отдельных слоев горных пород вниз по склону. Амплитуда перемещения пород в субмеридиальном направлении составляла около 20 км, о чем свидетельствуют построенные геологические разрезы.

Следует подчеркнуть, что линейное сооружение расположено на склоне правого берега р. Саксагань, который имеет слабоволнистую поверхность и общий наклон на восток, увеличивающийся в сторону долины реки. На западе территория переходит в плоскую водораздельную возвышенность, составляющую часть степной Днепровской равнины. Самой высокой отметкой в пределах объекта является могила Плоская (+107,5 м), которая расположена в северо-западной части территории горного отвода ш. «Родина». Самая низкая отметка (+41,0 м) находится в р. Саксагань, вблизи поселка Покровка. Вообще, в равнинном рельефе выделяются зоны обрушения, отработанные карьеры, большие подъемы отвалов горных пород, образовавшихся в результате работы карьеров бывшего рудника им. К. Либкнехта и Центрального горнообогатительного комбината. Поверхность горного отвода пересечена тремя балками: Каменистой, Безымянной и Сулова. Большую часть года балки сухие и только в период таяния снега и летних ливней по ним происходит сток талых и дождевых вод. Глубина промерзания почвы составляет 0,8-1,0 м; средняя температура января составляет -4,9 °С; максимальная температура в июле месяце достигает +38 °С, редко +40 °С.

Инструментальные наблюдения за сдвижением реперов проводились с целью получения оперативной информации относительно изменений геомеханического состояния породного массива, на основании которого можно своевременно принимать необходимые профилактические и защитные меры. В течение последних лет (2002-2012 гг.) активность деформационных процессов в районе автодороги значительно возросла. По наблюдениям НИМЛ «Сухая Балка» [2] на профильных линиях «Дорога» и «174 ось» установлено, что преобладающими являются относительные горизонтальные деформации сжатия.

В целом специальные наблюдения выполняются также по профильным линиям грунтовых реперов «106 ось», «Кладбище», «с. Жуковка», «Дорога», «174 ось», «ЛСП 1000», «ЛСП 1200», по результатам которых определяются фактические деформации земной поверхности в районе охраняемых объектов, анализируются тенденции развития процесса сдвижения, определяются его параметры, границы зон сдвига (рис. 3).

В настоящее время самый распространенный способ наблюдений за вертикальными смещениями - геометрическое нивелирование. Что касается горизонтальных смещений, то здесь используют различные линейно-угловые измерения для получения и сравнения полученных данных. Для получения данных, с помощью которых можно описать сдвиги полотна дороги, было принято решение применить в комплексе методы нивелирования II класса, полигонометрии, GPS-съемки и наземного лазерного сканирования [3].

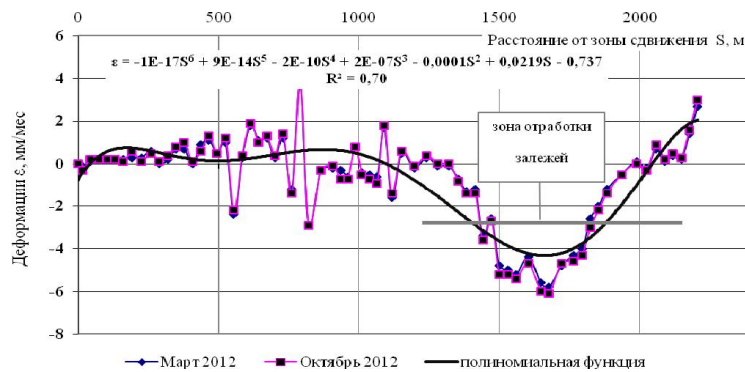


Рис. 3. Относительные горизонтальные деформации по профилю «Дорога» (по данным [2])

зоне автодороги «Техбаза - кладбище «Западное»» выбрана в зависимости от поставленных задач и горно-геологических условий участка, которые описаны выше.

Начиная с мая 2012 г. на этой станции уже больше года Криворожским национальным университетом проводятся наблюдения за сдвигами и деформациями массива. Рабочая станция состоит из 27 грунтовых реперов на отрезке 1,63 км, которые использовались для нивелирования, полигонометрии, GPS мониторинга и частично для лазерного сканирования.

Профильная линия имеет на обоих концах по два опорных репера, устойчивость положения которых для надежности результатов наблюдения контролируется каждые два месяца с помощью привязки к трем пунктам Государственной геодезической сети. При привязке опорных реперов использовались интегрируемые геодезические приемники для быстрых и высокоточных измерений TOPCON HiPer⁺, для нивелирования - аттестованный нивелир TOPCON AT-G2.

Полевые измерения навигационными системами начинались с тщательного планирования времени и продолжительности спутниковых наблюдений, а также с определения оптимальной маски угла возвышения. Такое внимание к планированию полевых работ объясняется тем, что территория, на которой проводились наблюдения, имеет осложненный или некачественный прием спутниковых радиосигналов. Основными неблагоприятными факторами в данном случае был электрический шум, вследствие прохождения вдоль дороги высоковольтной линии электропередач (6кВ), многолучевой ход радиосигнала и ограниченная видимость на спутники из-за наличия высоких деревьев с обеих сторон дороги. Неблагоприятное влияние электрической линии было исключено путем закладки опорных реперов подальше от линий электропередач. Поэтому основное внимание при планировании спутниковых наблюдений отводилось моделированию препятствий для прохождения спутникового радиосигнала.

По полученным в результате моделирования графикам распределения количества видимых спутников и фактора PDOP, складывались примерные маршрутные листы таким образом, чтобы собственно наблюдения велись не в периоды времени с наименьшим PDOP, а в периоды, когда фактор PDOP достаточно высокий.

Учитывая специфику данного вида работ, многократное переопределение координат реперов наблюдательной станции дало положительные результаты. Приемники работали в режиме STATICA, продолжительность сессий при этом составляла 120 минут, роверная станция переключалась поочередно на пункты государственной сети.

Опорная сеть для лазерного сканера переопределялась каждый раз при новом цикле съемки с помощью GPS-системы. Объектом геодезического мониторинга стали реперы, заложенные на глубину 1,2 м, что является большей глубиной промерзания почв этого региона.

Смещение реперов в вертикальной плоскости определялось путем периодического проведения нивелирования II класса, а в горизонтальной плоскости - путем измерения расстояний и углов между реперами профильной линии с последующим вычислением координат.

В результате проведенных инструментальных геодезических измерений на исследуемом участке массива и камеральной обработки полевого материала стали доступными данные о современном состоянии земной поверхности, накапливается база данных о координатах реперов наблюдательной станции. Полученные данные включают также каталоги современных пространственных координат пунктов государственной геодезической сети и топографические планы с уточненными границами техногенных объектов. Изменения положения границ, размеров и геометрических параметров предприятий по добыче полезных ископаемых определяются путем сопоставления современных топопланов местности с топографическими материалами,

Все наблюдения выполнялись согласно действующим инструкциям.

Для ведения мониторинга линейного объекта была разработана станция наблюдения, под которой понимается система наблюдательных пунктов (опорных и рабочих реперов), которые заложены на земной поверхности, в толще горных пород. Конструкция наблюдательной станции в

полученными из предыдущих съемок региона.

Отдельные результаты наблюдений за процессом оседания земной поверхности на профильной линии, полученные за последние одиннадцать месяцев, представлены в виде графиков на рис. 4.

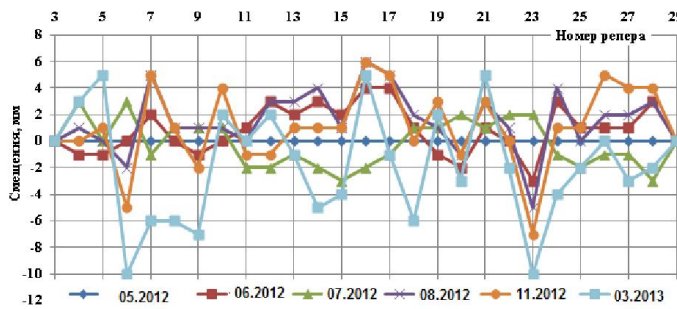


Рис. 4. Графики смещения реперов по оси N

формационные процессы имеют постоянный характер.

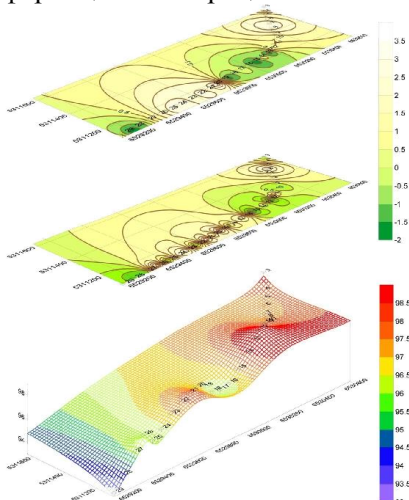
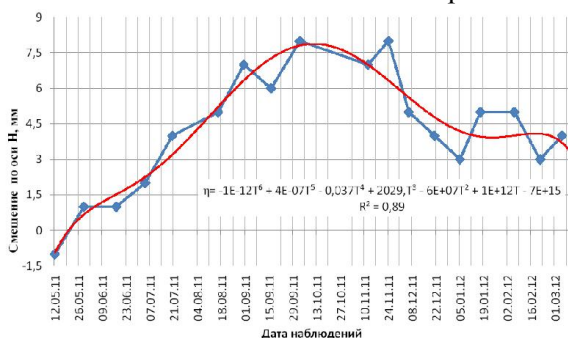


Рис. 5. Изображение смещений реперов наблюдательной станции в программном комплексе Surfer

Анализ результатов 20 циклов нивелирования показал, что вертикальные перемещения реперов колеблются от -10 мм до +8 мм, а в горизонтальной плоскости они изменяются от -12 мм до +12 мм. Исследованиями также установлено, что несколько реперов по всему ходу имеют очень заметные смещения. Для примера, ниже приводится графическое изображение процесса смещения репера 25 по осям *H* и *X* с показом аппроксимирующих функций соответственно на рис. 6,7.

Сравнение результатов наблюдений традиционными методами с результатами лазерного сканирования, фактически, показало их аналогичность. Например, разногласия моделей, без учета разрушения дороги, колеблются в следующих пределах: по оси *X* не превышают 9 мм; по оси *Y* не превышают 11 мм; по оси *H*-14 мм.



24 имеют достаточно значимые смещения, что

Рис. 6. Смещение репера 25 по оси H

требует более тщательного изучения изменения их положения.

Позитивным фактором относительно устойчивости исследуемого участка автодороги следует считать то обстоятельство, что в массиве горных пород происходят процессы сдвижения без резких колебаний. Но нужно понимать, что эти процессы не прекращаются, и затухающих данных при наблюдениях получено не было. Поэтому при любом резком изменении, необходимо быстрое реагирование по предотвращению негативных последствий для пользователей этим объектом.

Выводы и направление дальнейших исследований. В результате проведенных инструментальных исследований высокоточными геодезическими измерениями стали доступными качественно новые данные об изменении со временем суммарного поля деформаций, которое формируется при наложении поля техногенных деформаций на поле природных деформаций.

В дальнейшем эти данные позволят не только уточнить параметры принятой модели деформации социально значимого для Кривбасса объекта - городской автодороги, но и уверенно спрогнозировать развитие процесса сдвижения, оценить степень риска возникновения негативных геодинамических явлений и обоснованно решать вопросы охраны участков, попадающих в

Установлено, что группы реперов 3-10, 21-



Рис. 7. Смещение репера 25 по оси X

зону впливання горних розробок, а постійний моніторинг дозволить слідити за можливими небезпечними процесами і попередити їх виникнення.

Список литературы

1. <http://spacegid.ru/krivoj-rog-iz-kosmosa/>
2. Контрольные наблюдения за развитием процессов смещения поверхности и состоянием охраняемых объектов при подземной разработке железной руды шахтами ПАО «ЕВРАЗ Сухая Балка» в 2012 г.» / Отчет по НИР. - Кривой Рог: НИМЛ, 2012. - 27 с.
3. **Здешиц В.М.** / Визначення неоднорідностей та порожнеч в гірському масиві методом спектрального сейсмічного профілювання / **В.М. Здешиц, В.Д. Сидоренко, М.А. Сорокопуд, О.С. Наминат** // Вісник Криворізького технічного університету, 2011. – Кривий Ріг – Вип. 29.– С.78-82.
Рукопись поступила в редакцию 19.03.13

УДК 622.834: 778.35

В.С. КРАВЕЦ, В.А. ДВОРНИКОВ, кандидаты техн.наук, доц.,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

А.И. ЧИРВА, канд.техн.наук, Дочернее предприятие «Укррудпром», Кривой Рог
А.Л. МОНАХОВ, ПАО «Евраз Сухая Балка», Кривой Рог

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДРАБОТАННОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД КРИВБАССА

Приведены результаты обобщения и анализа многолетних инструментальных и экспериментальных исследований процесса сдвижения горных пород в Кривбассе, на основании которых установлены параметры областей обрушения в массиве при разработке залежей I, II и III группы. На основании моделирования установлены зависимости изменения параметров областей обрушения с глубиной отработки. Представлены зависимости изменения оседаний и горизонтальных сдвижений пород лежачего бока от расстояния до выработанного пространства. Полученные результаты позволяют установить современное состояние подработанного массива, а также определить параметры зон обрушения горных пород в массиве.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Железорудные залежи Кривбасса, отрабатываемые подземным способом, отличаются значительным разнообразием своего строения и параметров, а также горно-геологических условий залегания, что обуславливает различие форм и динамику процесса сдвижения горных пород, которые устанавливаются на основании систематических маркшейдерских инструментальных наблюдений.

Анализ исследований и публикаций. По характеру проявления процесса сдвижения на земной поверхности все залежи Кривбасса разделены на три основные группы [1]:

Группа I - залежи, при разработке которых над выработанным пространством образуется область сдвижения горных пород, ограниченная устойчивым сводом, не достигающим земной поверхности. К этой группе относятся слепые гнездообразные залежи, выработанное пространство которых удовлетворяет условию, м

$$H_3 > 1,2h_{св}, \quad (1)$$

где H_3 - глубина верхней границы залежи, м; $h_{св}$ - высота устойчивого свода горных пород, определяемая по формуле, м

$$h_{св} = KL^2, \quad (2)$$

где K - коэффициент, характеризующий устойчивость подрабатываемого массива (0,004-0,020); l - пролет выработанного пространства (меньший), м.

Группа II - залежи, при отработке которых начиная с определенной глубины над выработанным пространством образуется свод устойчивого равновесия и опасных проявлений процесса сдвижения земной поверхности не наблюдается.

К этой группе относятся залежи ограниченного простирания, выработанное пространство которых удовлетворяет условию, м

$$L < \sqrt{H/K}, \quad (3)$$

где L - длина выработанного пространства по простиранию, м; H - глубина отработки, м; K - коэффициент устойчивости массива.

Группа III - залежи, при отработке которых зона сдвижения земной поверхности периодически увеличивается по мере увеличения выработанного пространства. К этой группе относятся пластообразные и шарнирные залежи, комплексы сближенных залежей, если их выработанное простран-