

УДК 622.83; 551.21.3

Мельник Виталий Вячеславович

кандидат технических наук,
заведующий отделом геомеханики,
Институт горного дела УрО РАН
620075, г. Екатеринбург,
ул.Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: melnik@igduran.ru

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕННОЙ
ОБВОДНЕННОСТИ РУДЫ ПРИ ВЕДЕНИИ
ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА ШАХТЕ
«ДЕСЯТИЛЕТИЕ НЕЗАВИСИМОСТИ
КАЗАХСТАНА» (ДНК)***

Аннотация:

Представлены результаты исследований, выполненных сотрудниками отдела геомеханики ИГД УрО РАН на одном из рудников Республики Казахстан и направленных на снижение обводненности руды при ведении очистных работ.

При водонасыщении руды происходит резкое снижение ее качества, что негативно сказывается на эффективности работы рудника. В связи с этим перед ИГД УрО РАН была поставлена задача – определить пути фильтрации воды в горные выработки и основной ее источник.

Для решения этой задачи использовались различные геофизические методы, позволившие определить структурные неоднородности как на земной поверхности, так и в подземных горных выработках. Кроме того, по полученным данным при последующем детальном обследовании были обнаружены трещины сдвижения массива горных пород, хотя до развития деформаций по данным расчетов должно было пройти не менее 10 лет.

Результаты выполненных исследований позволили создать структурно-геомеханическую и гидрогеологическую модели массива горных пород, отражающие строение исследуемого участка, истоки и пути поступления подземных вод в горные выработки и в очистные блоки.

Проведенные исследования позволили понять основную причину обводнения очистных выработок, определить источник и разработать рекомендации по обустройству системы осушения и ведению горных работ для минимизации попадания воды в горные выработки, заключающиеся в создании капитальной долгосрочной системы осушения в совокупности с паллиативными локальными мерами сокращения поступления вод в зону очистных работ.

Ключевые слова: водопонижение, осушение, водопритоки, скважина, карьер, шахта, сдвижение горных пород, геофизические методы.

DOI: 10.25635/2313-1586.2021.02.017

Melnik Vitaly V.

Candidate of Technical Sciences,
Head of Department of geomechanics,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075 Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiriyaka Str.
e-mail: melnik@igduran.ru

**SOLVING THE PROBLEM
OF INCREASED WATER CONTENT
OF ORE DURING CLEANING
OPERATIONS AT THE DNK MINE**

Abstract:

This article presents the results of studies carried out by employees of the Department of geomechanics of the Institute of Mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences at one of the mines of the Republic of Kazakhstan and is aimed at reducing the water content of ore during cleaning operations.

When ore saturated with water, there is a sharp decrease in its quality, which negatively affects the efficiency of the mining. In this regard, the IM of the UB of the RAS had the task of determining ways of water filtering into mine workings and its main source.

To solve this problem, we used various geophysical methods, which made it possible to determine structural inhomogeneities both on the earth's surface and in underground mine workings. In addition, according to the data obtained, cracks in the movement of the rock mass were detected during the subsequent detailed examination, although at least 10 years should have passed before the development of deformations according to the calculations.

The results of the performed studies made it possible to create structure-geomechanical and hydrogeological models of the rock mass, reflecting the structure of the studied area, the sources and ways of entering underground water into mine workings and treatment units.

The conducted studies made it possible to understand the main cause for the flooding of the treatment workings, to determine the source and to develop recommendations for the arrangement of the drainage system as well as of the mining operations to minimize water ingress into the mine workings, which consist in creating a capital long-term drainage system in combination with palliative local measures to reduce the flow of water into the treatment area.

Key words: dewatering, drainage, water flows, well, quarry, open pit, mine, rock movement, geophysical methods.

* Работа выполнена в рамках Государственного задания № 007-00293-18-00, тема № 0405-2019-007.

Введение

В процессе отработки месторождения «Миллионное» шахтой «Десятилетие независимости Казахстана» в зоне ведения очистных работ на горизонте –160 м появилась проблема повышенной обводненности участка, в связи с чем резко ухудшилось качество добываемой руды [1].

Перед Институтом горного дела УрО РАН совместно со специалистами Донского ГОКа была поставлена задача – разработать меры по осушению массива горных пород в зоне ведения очистных работ. Для решения поставленной задачи в процессе исследования были выполнены следующие работы:

- осуществлен анализ и обобщение геологических и геофизических материалов, полученных в ходе разведки и освоения месторождения, характеризующих его геологическое и гидрогеологическое строение;
- обобщены материалы гидрогеологического мониторинга развития водопритоков в очистных работах;
- изучены гидродинамические режимы карьеров Объединенного и Миллионного;
- выявлен выход процесса сдвижения на земную поверхность от подземной разработки залежи Миллионной на горизонтах -160 и -132м;
- проведена инструментальная съемка параметров процесса сдвижения;
- выполнены инструментальные исследования массива горных пород в области проявления процесса сдвижения горных пород методами электрометрии и спектрального сейсмопрофилирования (СПП) и определены границы зоны сдвижения внутри массива горных пород;
- изучены методом спектрального сейсмопрофилирования [2] структурные особенности массива горных пород с поверхности и в подземных горных выработках, прилегающих к области сдвижения горных пород;
- выявлена трансформация структуры массива под воздействием процесса сдвижения, определены источники и пути поступления подземных вод в зону очистных работ.

Результаты выполненных исследований позволили создать структурно-геомеханическую и гидрогеологическую модели массива горных пород, отражающие строение исследуемого участка, истоки и пути поступления подземных вод в горные выработки и в очистные блоки. Выявленные закономерности положены в основу рекомендаций по осушению очистных работ при разработке месторождения.

Описание объекта исследований

Горный массив, вмещающий рудное тело, сложен относительно однородными по литологическому составу серпентинитами по дуниту, в которых в виде незначительных включений встречаются серпентиниты по пироксеновому дуниту и серпентиниты по перидотиту.

В структурно-геомеханическом отношении некоторые литологические отличия пород не играют существенной роли. С позиции формирования естественных и техногенных водотоков, определяющих обводненность зоны очистных работ, важнейшая роль принадлежит структурным особенностям массива горных пород.

Массив горных пород на исследуемом участке имеет ярко выраженную тектонику. Непосредственно рудное тело пересекают два тектонических нарушения. Оба они выходят на борт карьера Миллионного.

Кроме крупных нарушений субширотного простирания, в массиве горных пород достаточно широко развиты разрывные нарушения меньшего ранга [3], имеющие согласные с крупными нарушениями параметры залегания, а также в меньшей степени северо-восточное и северо-западное простирание.

Существенную роль в формировании структурно-геомеханической, а следовательно, и гидрогеологической модели играют участки массива горных пород, подвергшиеся техногенному воздействию от открытых и подземных работ. Техногенные составляющие представлены двумя карьерами: Объединенным – на востоке глубиной около 160 м; Миллионным – на севере с глубиной около 170 м. Карьеры соединены между собой траншеей глубиной 20 – 25 м.

Кроме карьеров, с развитием очистных работ над выработанным пространством горизонтов -160 и -132м сформировалась зона сдвижения горных пород, вышедшая на земную поверхность сначала в виде трещин, а впоследствии в виде погружения поверхности на глубину более метра.

Центральной ее частью является зона обрушения, где горные породы полностью теряют свою первичную структуру. Ее обрамляет зона трещин, в которой раскрываются существующие структурные нарушения. И наконец, вокруг зоны трещин образуется зона плавных деформаций, в которой массив деформируется, сохраняя свою естественную структуру.

Карьеры, разрезав водоносные горизонты породной толщи с севера и востока, принимают и аккумулируют все водные потоки с этих направлений в своих выработанных пространствах. Наличие воды в карьерах ведет к поступлению трещинных вод в зону подземных очистных работ.

Проведенные исследования

Образование зоны сдвижения создало в массиве горных пород искусственную дрена, проводящую воды водоносных горизонтов в зону ведения подземной добычи.

Обобщенная схема структурной модели массива горных пород, полученная на основе фондовых геологических материалов и результатов исследований геофизическими методами с земной поверхности, представлена на рис. 1.

Граница зоны трещин, визуально фиксируемая на земной поверхности, смещена от проекции выработанного пространства в северном, северо-западном направлении. По всей вероятности, это связано со структурными особенностями налегающей толщи - падением на юг и субширотным с небольшим отклонением на север простиранием основных структур. Следует отметить, что подобное отклонение наблюдалось и на шахте Молодежной этого же ГОКа.

Результаты исследования структуры массива методом сейсмопрофилирования [4] внутри зоны трещин свидетельствуют о сохранении структурных особенностей в этой зоне, т.е., по крайней мере, в приповерхностной зоне массив пока полностью не претерпел структурных нарушений.

Зоны трещиноватых пород, выявленные в подземных условиях на горизонтах -70 и -80 м так же, как и на поверхности, имеют субширотную с небольшим отклонением к северу направленность (рис. 2).

В соответствии с анализом гидрогеологических условий разработки рудного тела месторождения Миллионного и построенной на его основе гидрогеологической моделью зоны ведения очистных работ проблемы осушения очистных блоков обусловлены естественными и искусственными источниками обводнения. К естественным источникам относятся трещинно-грунтовые и трещинно-жильные подземные воды, а также поверхностные осадки, выпадающие непосредственно на территории зоны сдвижения [5 – 6]. К искусственным источникам относятся водоемы в отработанных карьерах Объединенном и Миллионном, а также водохранилища Моласай и Жарлыбутак.

В процессе выполненных исследований было установлено, что водохранилища практически не влияют на обводнение, чего нельзя сказать о карьерах, которые требуется осушить для облегчения решения проблемы осушения за счет ликвидации части источников обводнения [7].

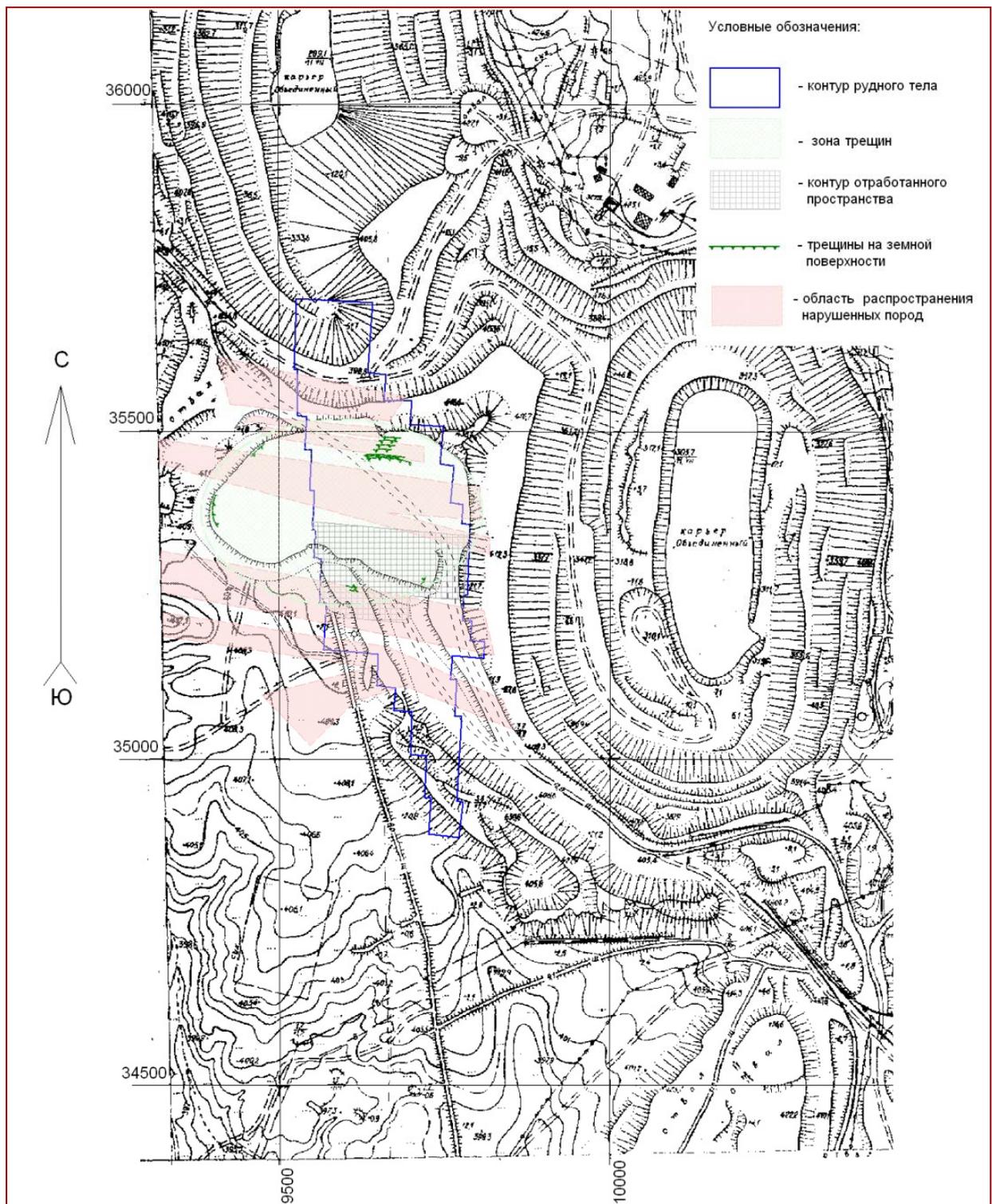


Рис. 1. Структурная схема массива горных пород по результатам исследования с земной поверхности

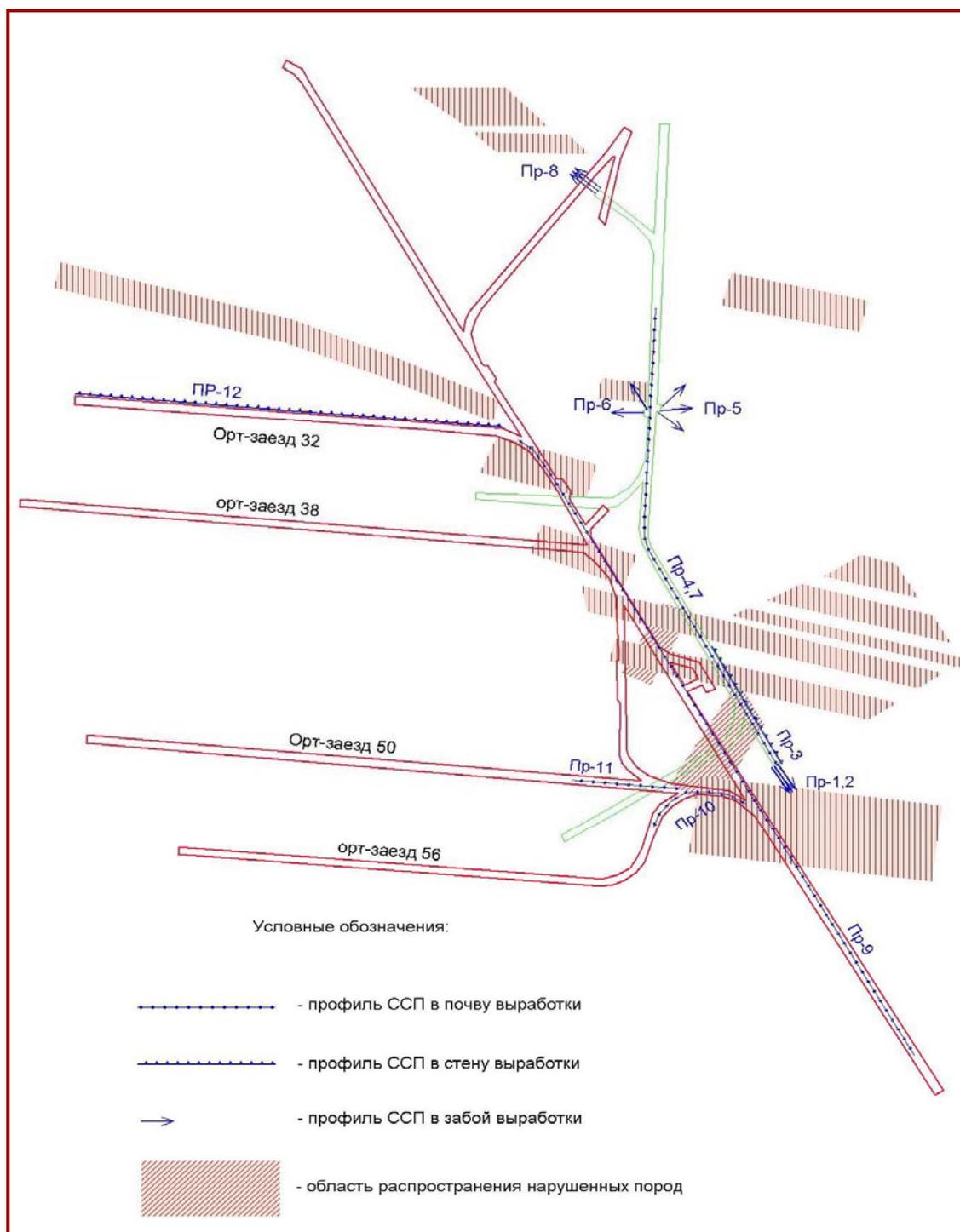


Рис. 2. Структура массива горных пород по данным ССП

Было предложено два альтернативных варианта решения проблемы осушения зоны очистных работ:

- капитальная долгосрочная система осушения;
- паллиативные локальные меры сокращения поступления вод в зону очистных работ.

Капитальная долгосрочная система осушения включает четыре этапа (рис. 3):

- создание поверхностных дренажных узлов;
- проходка дренажного штрека по горизонту 240 м из карьера Миллионного и бурение вертикальных дренажных скважин;

- создание поверхностной дрены – траншеи;
- проходка вертикальных скважин из дренажного штрека вниз и оборудование их погружными насосами.

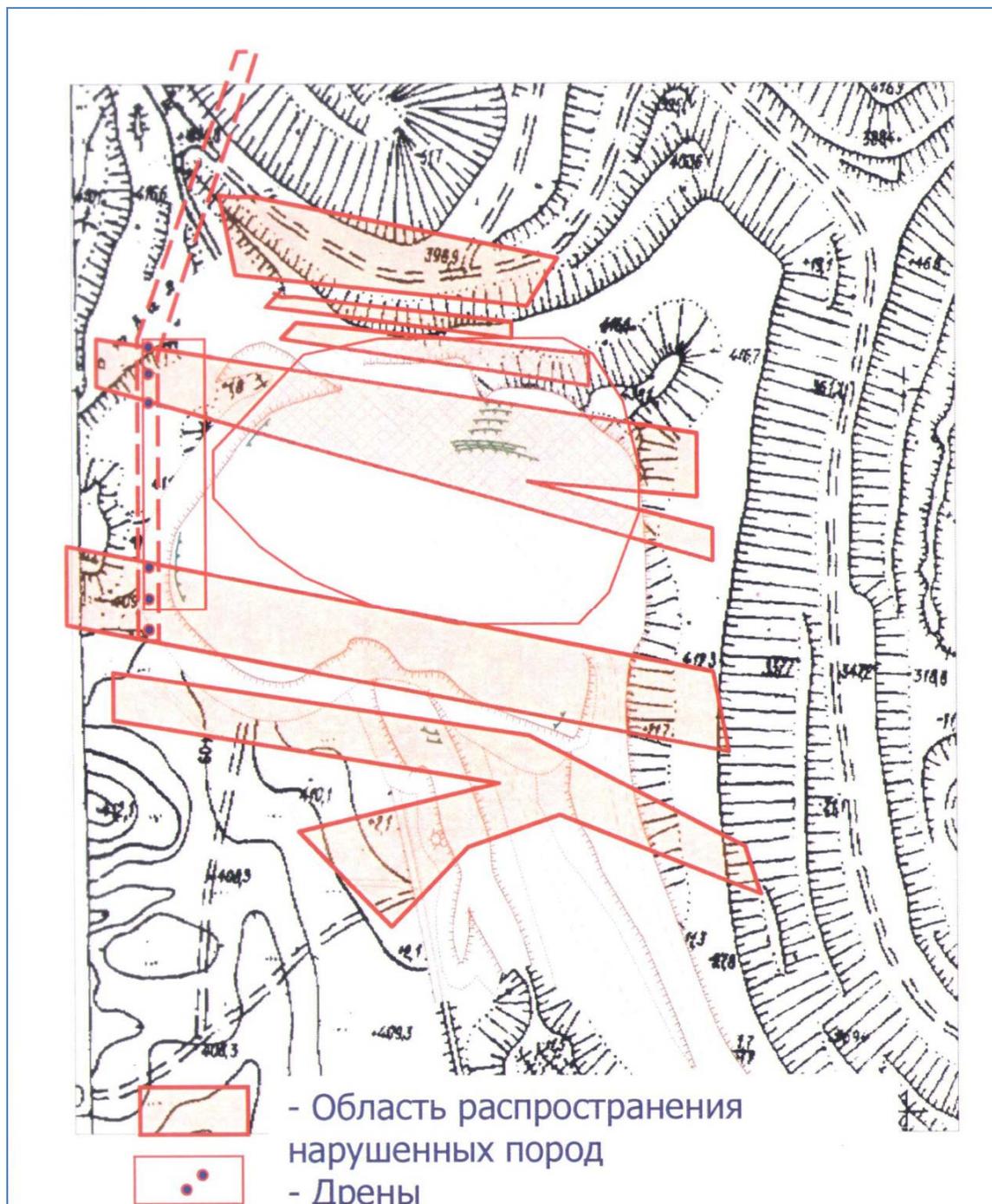


Рис. 3. Капитальная долгосрочная система осушения

Результаты исследований

Идея паллиативных локальных мер сокращения поступления вод в очистные работы основывается на использовании субширотной структурной и фильтрационной анизотропии массива горных пород, наличия отработанных карьеров, экранирующих зону очистных работ с севера и востока, и невысокой устойчивости руд и пород, вызывающей развитие зоны сдвижения при ограниченных площадях обнажения. Реализация идеи не требует капитальных затрат и включает:

- опережающую отработку в 3 – 4 панелях со стороны висячего бока (с запада) 1 – 4 секций с общей направленностью фронта очистных работ под углом и простирающую рудного тела (рис. 4);

- инициирование развития зоны сдвижения в висячем боку залежи над опережающей отработкой, которая выступает в качестве дрены-ловушки, защищающей разработку остальных частей панелей от водных потоков с запада (рис. 5);

- обеспечение необходимой высоты распространения зоны сдвижения внутри массива [8, 9], расчеты которой без учета влияния существующей зоны сдвижения свидетельствуют об обеспечении перехвата трещинно-жильных вод и создании благоприятных сухих условий добычи в остальных частях панелей;

- комбинирование паллиативных локальных мер с первым этапом капитальной дренажной системы (оборудование поверхностных дренажных узлов) снизит энергозатраты по откачке перепущенных в шахту приповерхностных вод, нейтрализуя частично недостаток локальных мер по осушению.

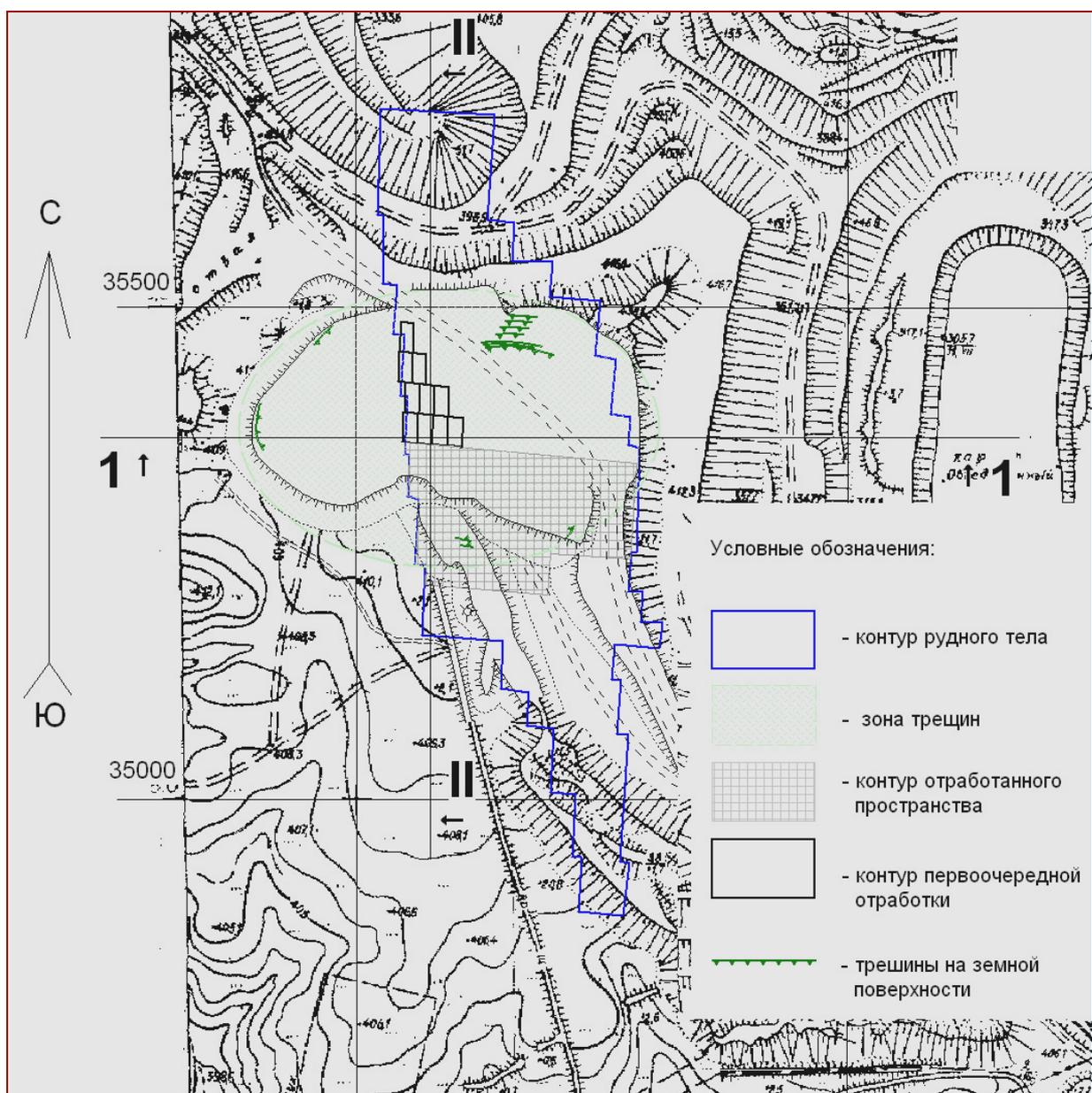


Рис. 4. Рекомендованная последовательность разработки

нула вода. При этом в подтоплении приняли участие как подземные водоносные горизонты, так и техногенный горизонт, приуроченный к отвалу вскрышных пород, отсыпанному над горными разработками. На основании результатов геофизических исследований были проведены работы по поиску следов процесса сдвижения на земной поверхности, в результате которых на поверхности отвала были обнаружены небольшие трещины, которые в течение последующего года выросли до провала 2,0 – 3,0 м в глубину.

Благодаря использованному комплексу геофизических исследований в составе электроразведки на поверхности и спектрального сейсмопрофилирования на поверхности и в горных выработках своевременно было обнаружено начало процесса сдвижения от горных разработок, что кроме решения проблемы обводненности руды позволило вовремя провести работы по предотвращению аварий, связанных с возможными провалами автомобильного транспорта, изменена логистика его передвижения на данном участке.

Выявленные причины подтопления позволили сформировать рекомендации по снижению водопритоков в горные выработки путем применения паллиативных локальных мер в комбинации с реализацией проекта осушения, реализация которых дала возможность с минимальными финансовыми затратами избежать повышенной обводненности руды на данном участке отработки.

Список литературы

1. Мельник В.В., Третьяк А.В., 2007. Пути снижения обводненности очистных работ на шахте ДНК. *Проблемы и пути устойчивого развития горнодобывающих отраслей промышленности: Материалы IV Международной научно-практической конференции*. РК, Хромтау, С. 193–197.
2. Мельник В.В., 2005. Применение метода спектрального сейсмопрофилирования для оценки геомеханического состояния массива горных пород вокруг шахтных выработок. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 10, С. 69 - 74.
3. Zanutta A., Negusini M., Vittuari L., Cianfarra P., Salvini F. et al. 2017. Monitoring geodynamic activity in the Victoria Land, East Antarctica: Evidence from GNSS measurements. *Journal of Geodynamics*, Vol. 110, P. 31 - 42.
4. Гликман А. Г., 2018. Физика и практика спектральной сейсморазведки. URL: <http://www.newgeophys.spb.ru> (дата обращения 14.07.2021)
5. Gao Y., Guo Z., Yang J., Wang J., Wang Y., 2017. Steady analysis of gob-side entry retaining formed by roof fracturing and control techniques by optimizing mine pressure. *Journal of China Coal Society*, Vol. 42, pp. 1672–1681.
6. Sepehri M., Apel D., Liu W., 2017. Slope stability assessment and effect of horizontal to vertical stress ratio on the yielding and relaxation zones around underground open slopes using empirical and finite element methods. *Archives of Mining Science*, Vol. 62, No 3, pp. 653–669.
7. Мельник В.В., Замятин А.Л., 2018. Осушение рудных тел в условиях повышенной обводненности и закарстованности налегающей толщи. *Проблемы недропользования*, №1 (16), С. 105 - 111. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.01.105.
8. Усанов С.В., 2011. Геодинамические движения горного массива при техногенном воздействии крупного горно-обогатительного комбината. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 11.
9. Усанов С.В., Мельник В.В., Замятин А.Л., 2013. Мониторинг трансформации структуры горного массива под влиянием процесса сдвижения. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*, № 6, С. 83 - 89.

References

1. Mel'nik V.V., Tret'yak A.V., 2007. *Puti snizheniya obvodnennosti ochistnykh rabot na shakhte DNK* [Methods of reducing the water content during treatment works at the DNA mine]. *Problemy i puti ustoychivogo razvitiya gornodobyvayushchikh otraslei promyshlennosti: Materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. RK, Khromtau, pp. 193–197.
2. Mel'nik V.V., 2005. *Primenenie metoda spektral'nogo seismoprofilirovaniya dlya otsenki geomekhanicheskogo sostoyaniya massiva gornykh porod vokrug shakhtnykh vyrabotok*. [Application of the spectral seismic profiling method to assess the geomechanical state of the rock mass in the area of the mine workings]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 10, pp. 69 - 74.
3. Zanutta A., Negusini M., Vittuari L., Cianfarra P., Salvini F. et al. 2017. Monitoring geodynamic activity in the Victoria Land, East Antarctica: Evidence from GNSS measurements. *Journal of Geodynamics*, Vol. 110, pp. 31 - 42.
4. Glikman A. G., 2018. *Fizika i praktika spektral'noi seismorazvedki* [Physics and practice of spectral seismography]. URL: <http://www.newgeophys.spb.ru> (data obrashcheniia 14.07.2021)
5. Gao Y., Guo Z., Yang J., Wang J., Wang Y., 2017. Steady analysis of gob-side entry retaining formed by roof fracturing and control techniques by optimizing mine pressure. *Journal of China Coal Society*, Vol. 42, pp. 1672–1681.
6. Sepehri M., Apel D., Liu W., 2017. Slope stability assessment and effect of horizontal to vertical stress ratio on the yielding and relaxation zones around underground open slopes using empirical and finite element methods. *Archives of Mining Science*, Vol. 62, No 3, pp. 653–669.
7. Mel'nik V.V., Zamiatin A.L., 2018. *Osushenie rudnykh tel v usloviyakh povyshennoi obvodnennosti i zakarstovannosti nalegayushchei tolshchi* [Drainage of ore bodies in conditions of increased water content and karstiness of the overlying layers]. *Problemy nedropol'zovaniya*, №1 (16), p. 105 - 111. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.01.105.
8. Usanov S.V., 2011. *Geodinamicheskie dvizheniya gornogo massiva pri tekhnogenom vozdeistvii krupnogo gornoobogatitel'nogo kombinata* [Geodynamic movements of a mountain massif under the technogenic influence of a large mining and processing plant]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 11.
9. Usanov S.V., Mel'nik V.V., Zamyatin A.L., 2013. *Monitoring transformatsii struktury gornogo massiva pod vliyaniem protsessa sdvizheniya* [Monitoring of the transformation of the mountain massif structure under the influence of the displacement process]. *Fiziko-tekhnichekские проблемы razrabotki poleznykh iskopaemykh*, № 6, p. 83 - 89.