



УДК 553.048:553.076:553.94

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН НАРУШЕНИЙ ПЛАСТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ

Милый С.М., Роженко М.А., Прокопенко К.А., Короткова Г.И.

Инжиниринговая компания «SGP»

Аннотация.

В настоящий момент в мире существует множество программных продуктов, предназначенных для использования в горном деле. Однако в настоящее время на территории Российской Федерации большая часть данных продуктов используется для проектирования и планирования ведения горных работ, при этом практически незатронутым остается целое направление работ, связанное с уточнением геологической информации и прогнозированием как на стадиях разведки и доразведки месторождений или отдельных участков месторождений, так и на стадиях выполнения предпроектных разработок (ТЭО, ТЭП) и при практическом ведении работ (выявление расположения в массиве пликтивных и дизъюнктивных нарушений, существенно влияющих на устойчивость массива горных пород).

При осуществлении 3D-моделирования месторождений полезных ископаемых по результатам предварительного разведочного бурения возникает необходимость определения зон доразведки с целью уточнения геологических особенностей месторождения или прогнозирования зон, в которых возможно выявление отклонений от задокументированной геологической структуры.

Представленная методика может применяться как при проведении геологической разведки (доразведки) месторождения и составлении геологического отчета, так и при проведении предпроектных проработок или непосредственно при производстве проектных работ с целью выявления геологических блоков месторождения, несущих минимальный и максимальный риски для ведения горных работ при осуществлении проектных решений (фактическом ведении горных работ).

Информация о статье

Принята 15 июня 2019 г.

Ключевые слова:

проектирование карьеров, геологическое строение, прогноз геологических нарушений, подсчет запасов, 3D-моделирование поверхностей, CAD-системы

METHODOLOGY FOR IDENTIFYING SEAMS DISTURBANCE ZONES TO INCREASE THE RELIABILITY OF EXPLORATION DATA

Sergey M. Miliy, Marina A. Rozhenko, Konstantin A. Prokopenko, Galina I. Korotkova

SGP Engineering company

Abstract.

Currently, there are many software products in the world designed for use in mining. However, at present, in the territory of the Russian Federation, most of these products are used only for the design and planning of mining operations, while the whole area of work related to updating geological information and forecasting both at the stages of exploration and additional exploration of deposits or individual sections of deposits and at the stages of pre-project development (feasibility study, technical and economic proposal) and in the practical conduct of work (identifying the location in the massif of plicate and disjunctive dislocations significantly affecting the stability of the rock mass), remains practically unaffected.

Article info

Received June 15, 2019

Keywords: quarry design, geological structure, forecast of geological disturbances, reserves calculation, 3D-modeling of surfaces, CAD-systems



In 3D modeling of mineral deposits based on the results of preliminary exploratory drilling, it becomes necessary to identify additional exploration zones in order to clarify the geological features of the field or to predict zones in which deviations from the documented geological structure can be detected.

The presented methodology can be applied both during geological exploration (additional exploration) of the deposit and compilation of a geological report, and during pre-design studies or directly during design work to identify geological blocks of the deposit that bear the minimum and maximum risks for mining in the implementation of design decisions (actual mining operations).

Введение. Методика представляет собой графоаналитический метод, использующий сопоставление первичных геологических данных, получаемых непосредственно в процессе геологической разведки месторождения или в процессе отработки месторождения.

Предлагаемая методика разработана в результате выявления отклонений в геологическом отчете по месторождению каменных углей «Элегестское» при 3D-моделировании месторождения, а также в процессе многолетних наблюдений и 3D-моделирования при анализе реализации проектных решений на горных предприятиях. При составлении методики учитывались также результаты исследований, выполненных ранее отечественными учеными и разработчиками [1-15].

Для проведения прогнозирования мест расположения возможных геологических нарушений может быть использован любой тип программного обеспечения, позволяющего выполнять пространственное моделирование поверхностей объектов, или комбинация различных программ, позволяющая работать с буровыми базами данных и поверхностями объектов.

При проведении прогнозирования использовались следующие данные:

- каротажные карты буровых скважин месторождения;
- 3D-модель дневной поверхности месторождения;
- данные по уровням подземных вод месторождения;
- данные по фактически отработанным геологическим структурам месторождений и участков недр.

Методика представляет собой сопоставление следующих данных:

- расположение характерных нарушений дневной поверхности и расположения водных объектов;
- данные по уровню подземных вод (на этапе разведочного бурения могут быть использованы данные по уровню бурового раствора);
- геологическая буровая база данных по разведочным скважинам, содержащая в себе значения по глубине расположения почвы и кровли пластов угля месторождения, мощности рыхлых отложений и отметок дневной поверхности;
- аэрофотосъемки (исполнительные съемки) фактической поверхности, получаемые при отработке полезного ископаемого (почвы пластов, залежей и др.).

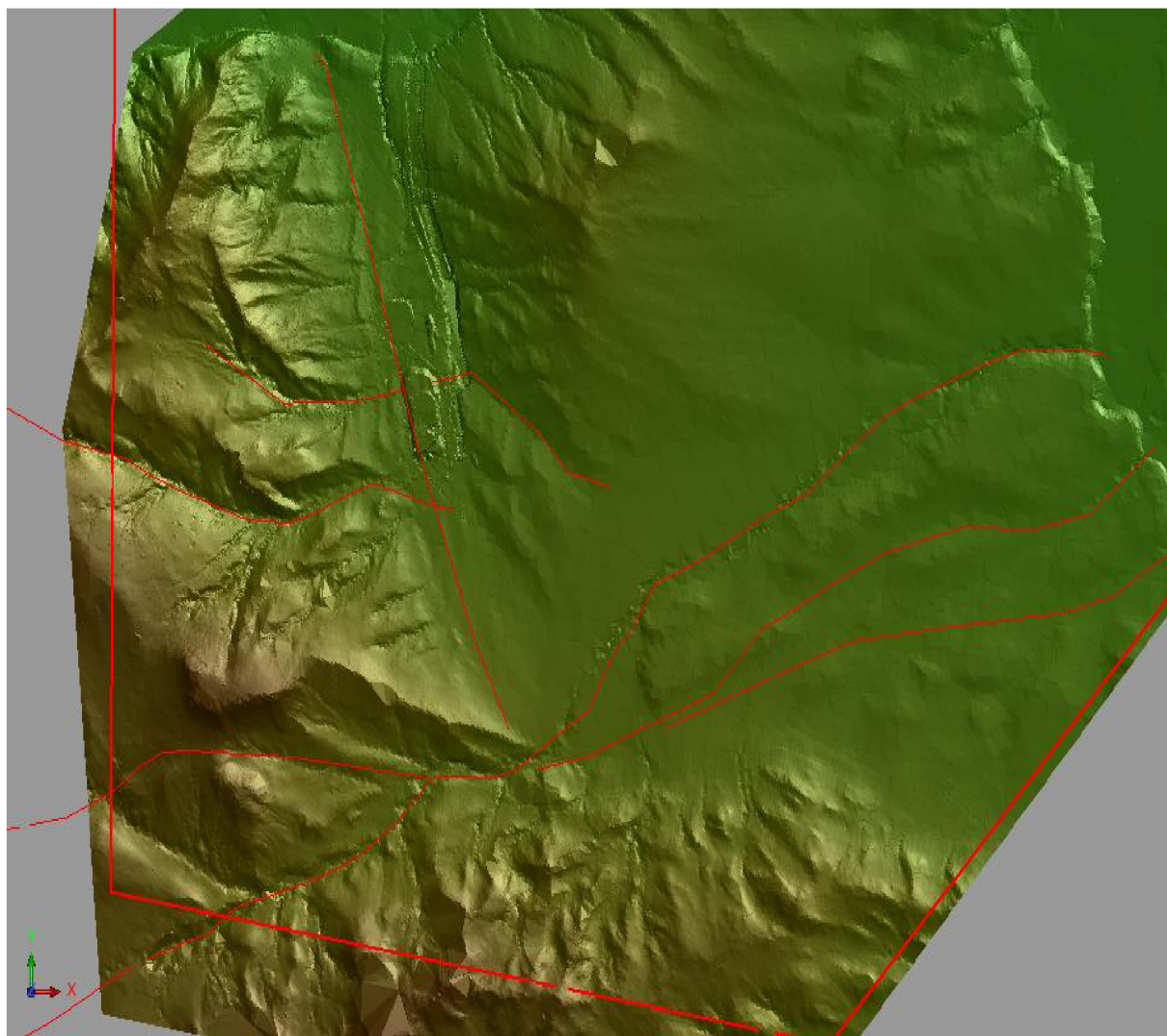
Анализ дневной поверхности месторождения

Анализ дневной поверхности не является основным объектом для определения наличия нарушений. При этом он должен проводиться в первую очередь с целью детального ознакомления с рельефом и поверхностными водными объектами месторождения.

Анализ заключается в вынесении минимумов рельефа поверхности месторождения, имеющих ярко выраженный линейный характер и следы ускоренного эрозивного разрушения поверхности под воздействием природных факторов (атмосферные осадки, ручьи, реки).

Вынесение минимумов поверхности представлено на рис.1.

Указанные минимумы дневной поверхности могут образовываться в результате нетектонических процессов в зависимости от свойств пород, однако их следует учитывать, так как эрозия поверхности может развиваться на ослабленных тектоническим воздействием коренных породах по геологическим нарушениям – как пликативным (замок или ядро складки), так и дизъюнктивным (сброс, взброс и др.).



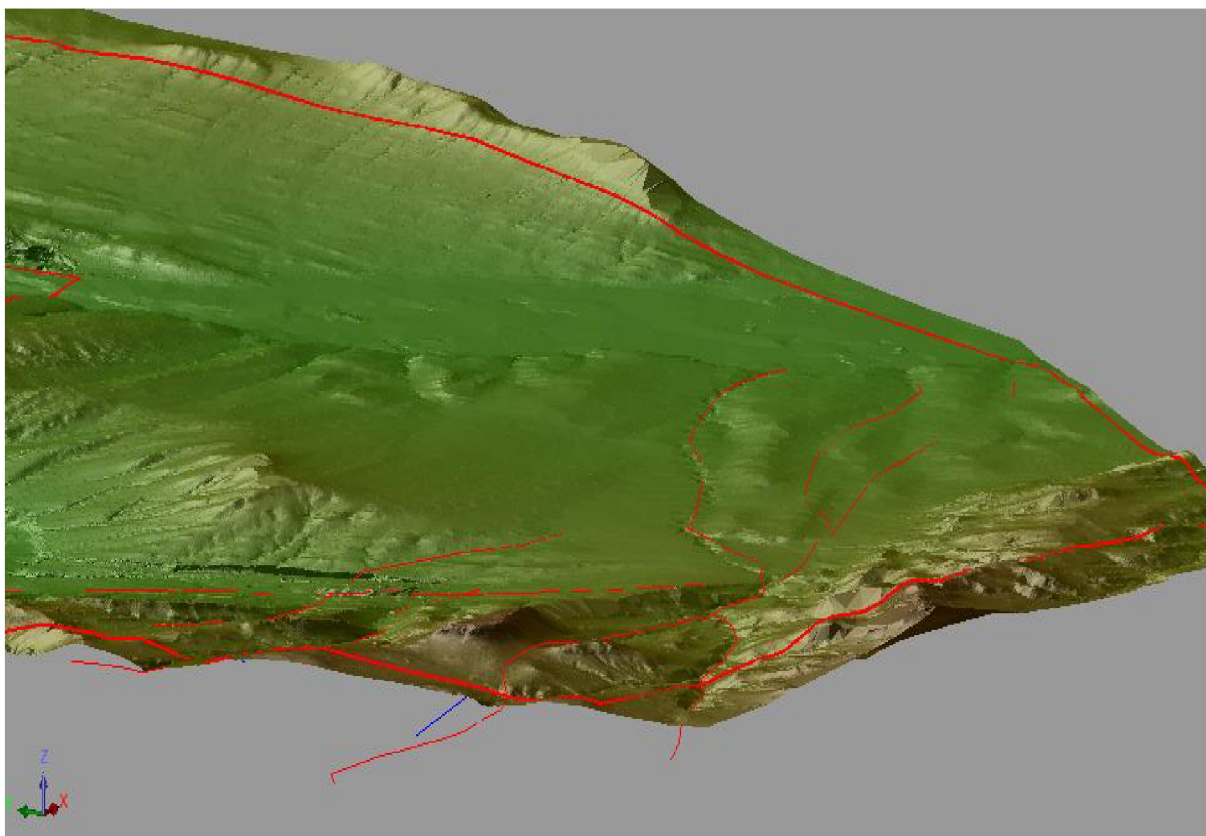


Рис. 1. Вынесение минимумов дневной поверхности, имеющих линейный характер и ускоренную эрозию

Fig. 1. The removal of the minima of the surface level, having a linear nature and accelerated erosion

Анализ уровня подземных вод

Анализ уровня подземных вод (уровня бурового раствора) в скважинах так же, как и анализ дневной поверхности, не является основополагающим в определении расположения геологических нарушений, однако имеет более важное значение, так как позволяет территориально определить расположение депрессионных минимумов и максимумов уровней подземных вод относительно объектов рельефа поверхности и водных объектов.

Анализ необходимо выполнять после анализа дневной поверхности, так как последовательное их проведение позволяет выявить аномальное превышение уровня подземных вод над уровнем водных объектов поверхности и выявить расположение возможных водоупоров на территории месторождения.

Построение изогипс уровня подземных вод осуществляется путем отображения горизонталей поверхности, создаваемой на основе абсолютных отметок уровня подземных вод по скважинам. Указанные работы могут быть выполнены в любом виде программного обеспечения, позволяющего 3D-моделирование поверхностей (рис. 2).

Затем производится построение линий минимума уровня подземных вод по точкам минимальных значений, расположение которых имеет выраженную линейную направленность (рис. 3). Построение аналогично построению направлений стоков поверхностных вод по рельефу дневной поверхности.

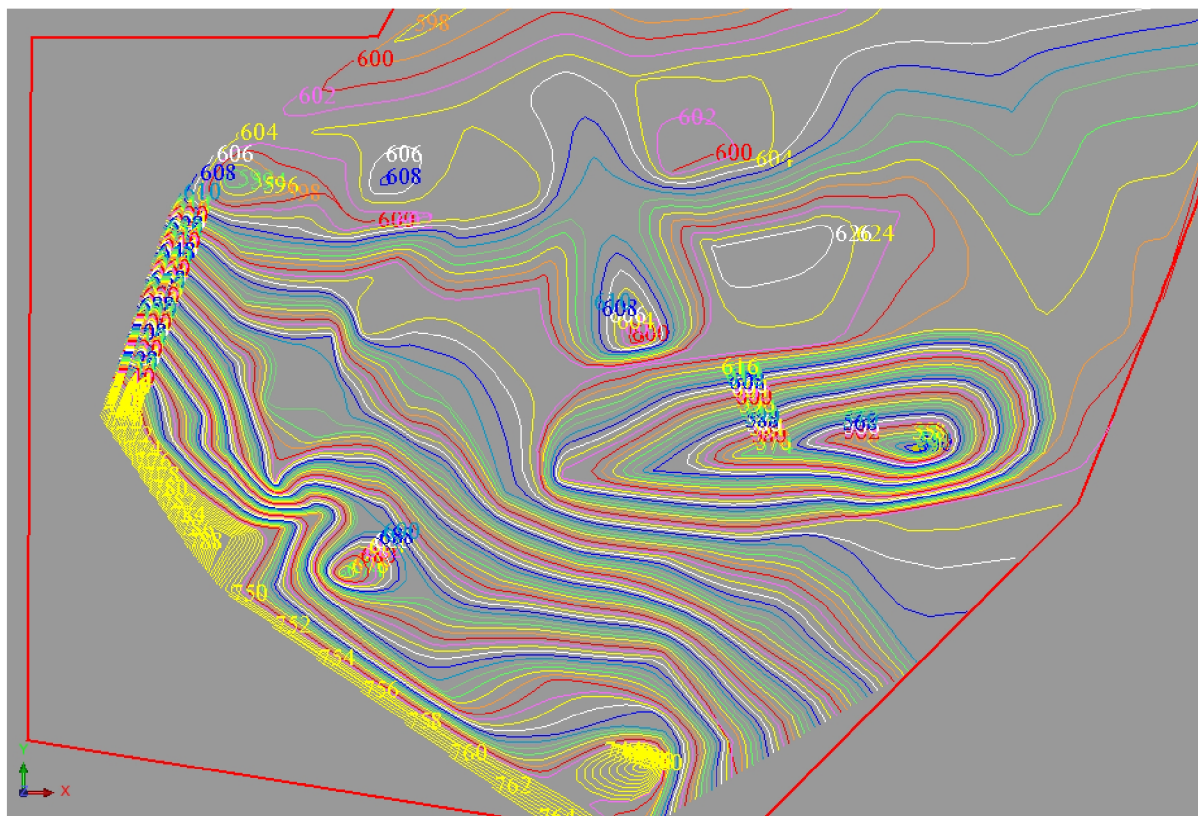


Рис. 2. Построение изогипс уровня подземных вод из поверхности
Fig. 2. The construction of depth contours groundwater level from the surface

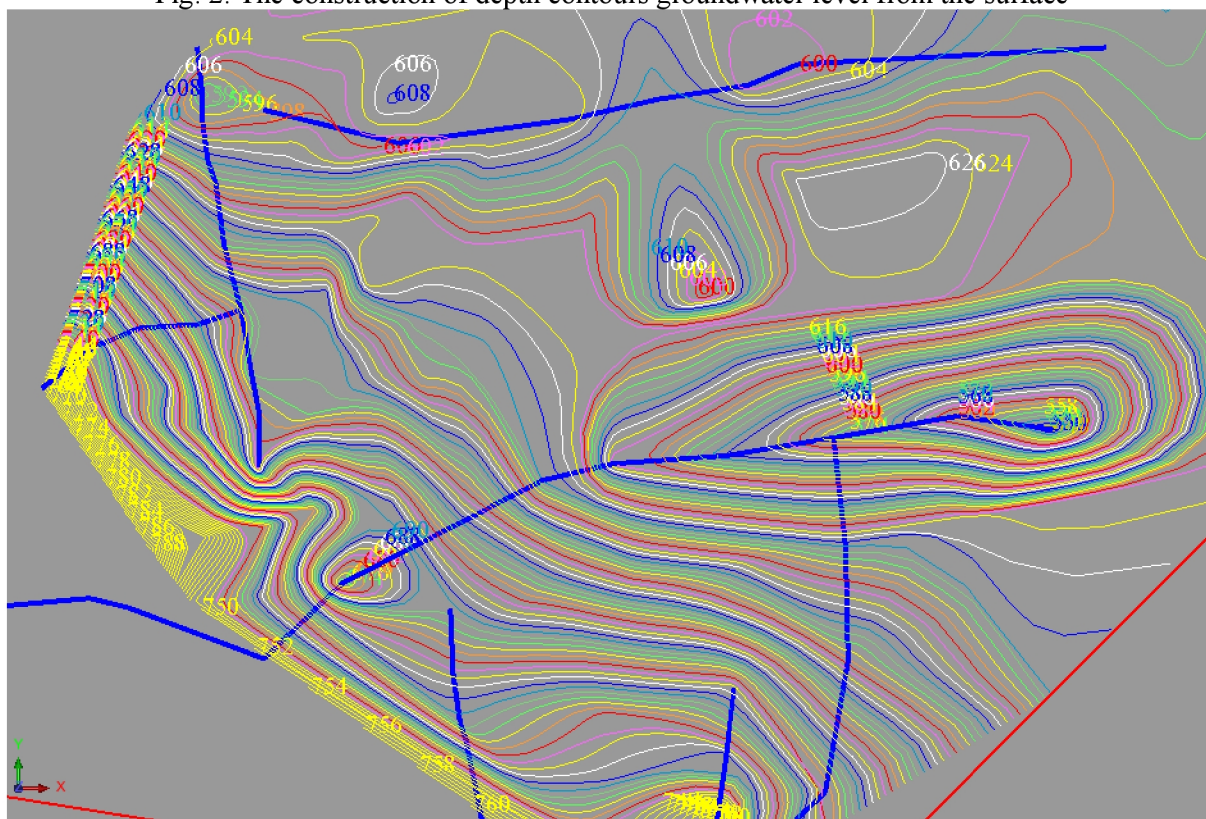


Рис. 3. Построение линейных минимумов уровня подземных вод
Fig. 3. Construction of linear minima of the groundwater level

Взаимное наложение линейных минимумов дневной поверхности и поверхности уровня подземных вод в случае их достаточной близости и схожести контуров позволяет предположить наличие депрессионных воронок, расположенных в зонах геологических нарушений (рис. 4).

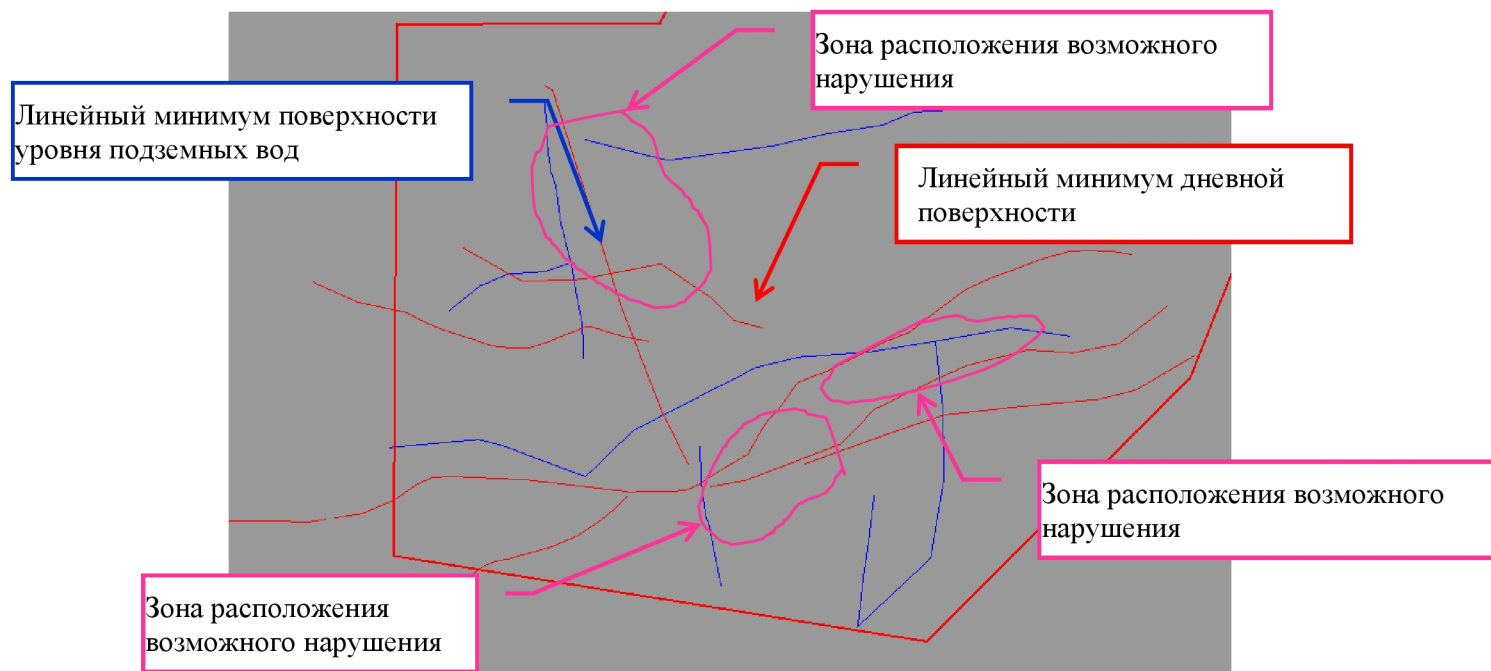


Рис. 4. Наложение линейных минимумов уровня подземных вод и линейных минимумов дневной поверхности

Fig. 4. The imposition of linear minimums of groundwater level and linear minimums of the surface level

Анализ мощности пласта полезного ископаемого

Анализ мощности пласта полезного ископаемого является одним из основополагающих факторов для определения области возможных нарушений.

Он производится следующим образом:

- 1) из геологической базы данных извлекаются опробования пласта по мощности, расположенные на почве пласта (рис. 5);
- 2) точкам со значениями изомощности пласта присваивается высотная отметка Z , соответствующая значению изомощности пласта;
- 3) создается поверхность по полученным точкам;
- 4) из поверхности выделяются горизонтالي изомощности пласта (рис. 6);
- 5) выделяются зоны с максимальной концентрацией горизонталей, свидетельствующие о резких изменениях значений мощности пласта (рис. 7);

Анализ мощности междупластий

Анализ мощности междупластий производится аналогично анализу мощности пласта и является одним из основополагающих для определения зон расположения возможных нарушений пластового месторождения. Данный анализ производится между близлежащими пластами или групп сближенных пластов в зависимости от геологического строения участка недр.

На рис. 8 представлено выделение зон аномального увеличения мощности междупластья в границах угольного месторождения.

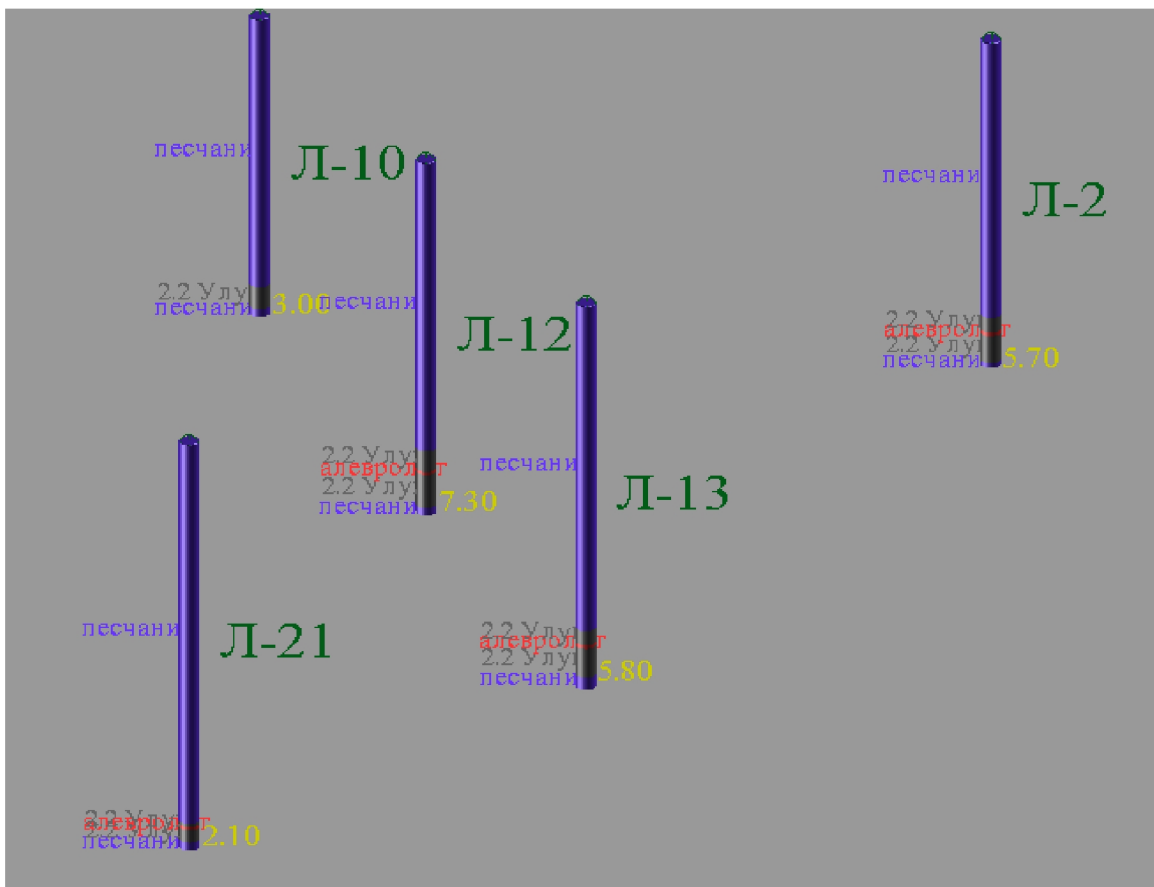
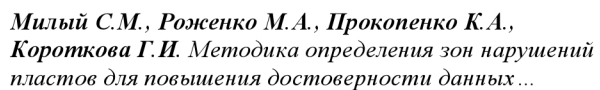


Рис. 5. Значение мощности пласта по скважинам

Fig. 5. The value of the seam thickness in wells

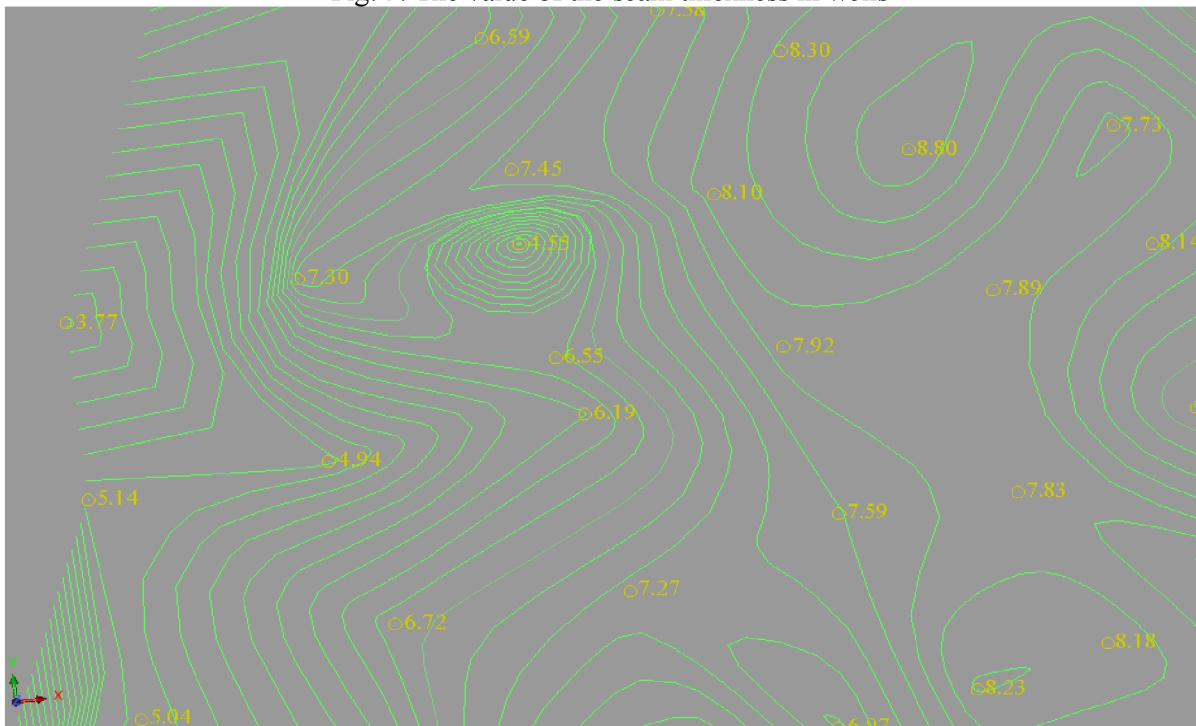


Рис. 6. Значения мощности пласта по скважинам с горизонталями изомощностей через 0,2 м
Fig. 6. The values of the thickness of the seam for wells with horizontal isothicknesses through 0.2 m

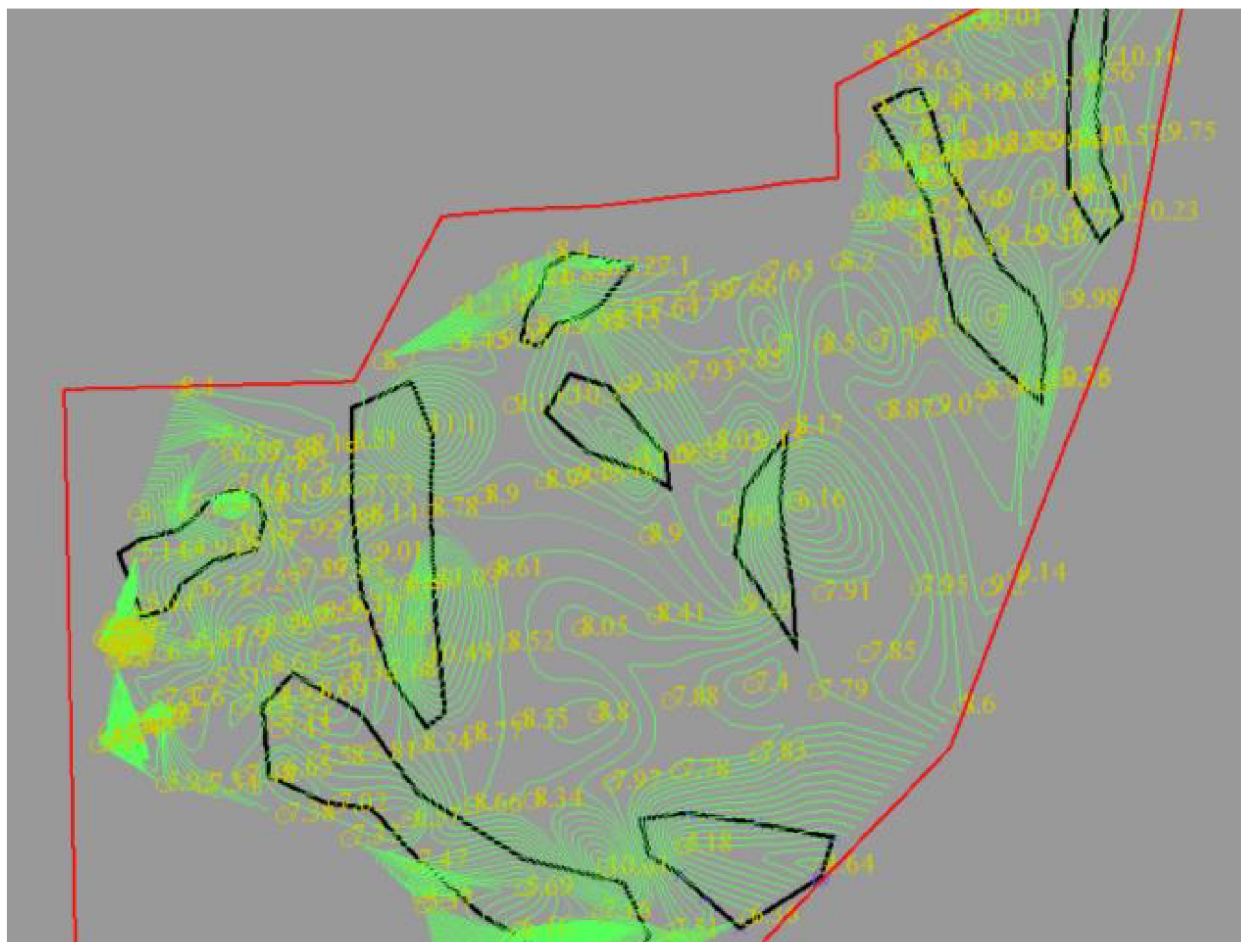


Рис. 7. Выделение зон аномальных изменений мощности пласта
Fig. 7. The allocation of zones of abnormal changes in seam thickness

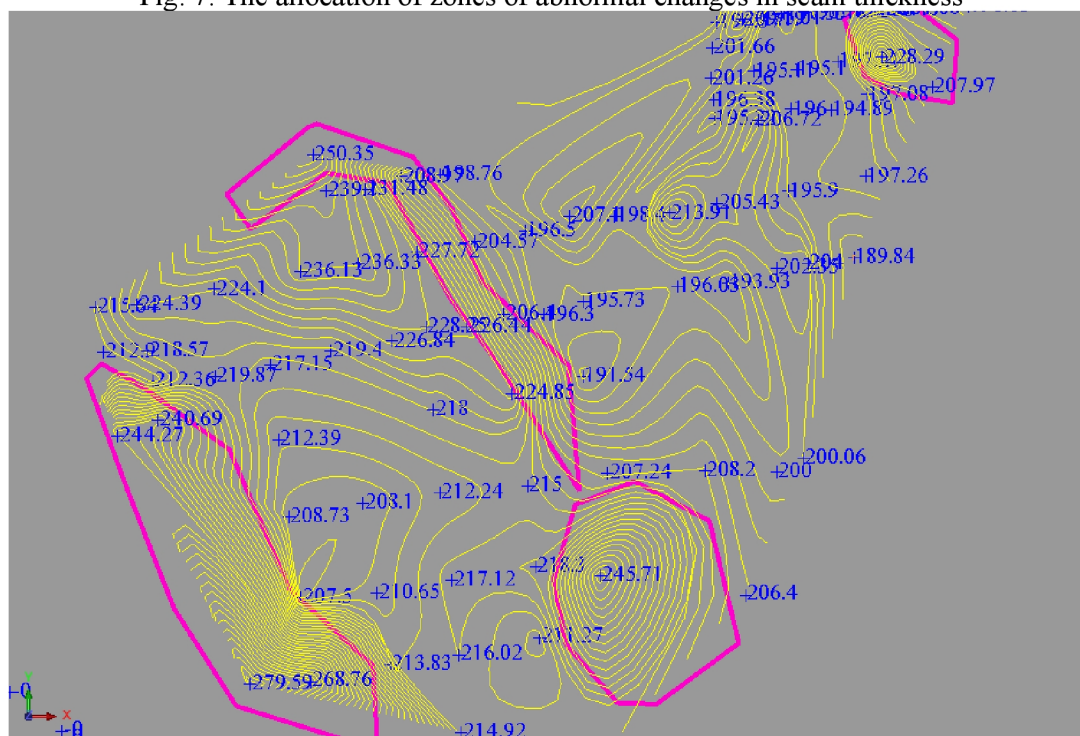


Рис. 8. Выделение зон аномальных изменений мощности междупластий
Fig. 8. The allocation of zones of abnormal changes of the thickness of interbeds



Рис. 9. Наложение результатов анализа на фактическое расположение нарушений
Fig. 9. Overlay of analysis results on the actual location of disturbances



Рис. 10. Прогнозирование расположения нарушений
Fig. 10. Prediction of the location of disturbances

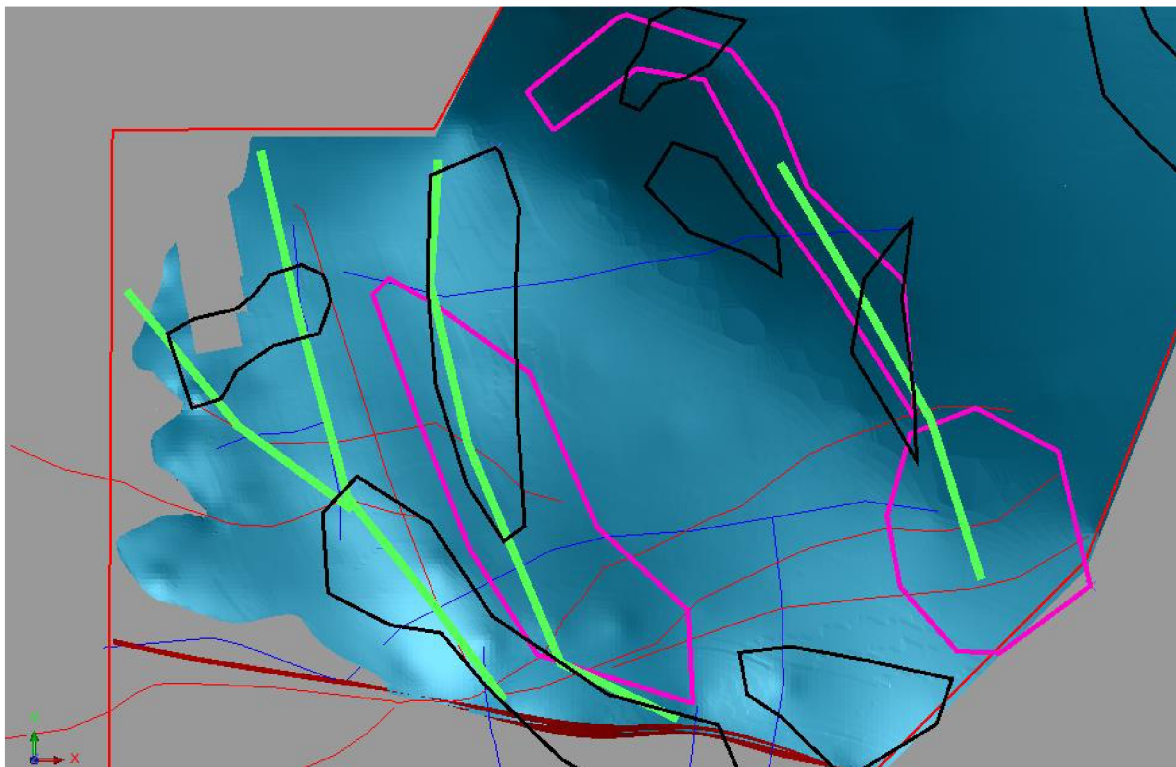


Рис. 11. Прогнозирование расположения нарушений относительно пласта (по данным геологического отчета)

Fig. 11. Prediction of the location of disturbances relative to the seam (according to the geological report)

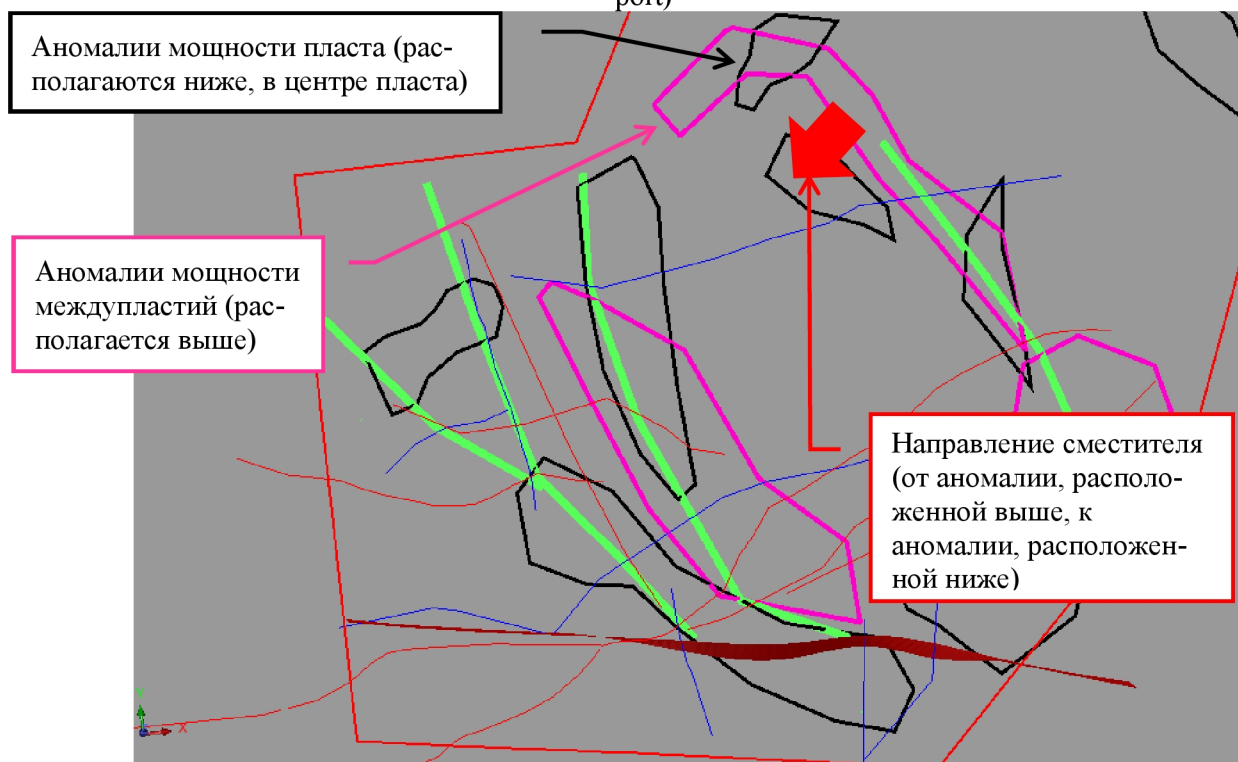


Рис. 12. Прогнозирование направления сместителя нарушения

Fig. 12. Prediction of the direction of the surface of fracture at disturbance



Графическое определение зон возможного расположения нарушений по результатам анализа

Графическое определение зон возможного расположения нарушений производится путем наложения зон аномальных изменений мощности пласта, зон аномальных изменений мощности междупластий и линейных минимумов дневной поверхности и уровня подземных вод.

На рис. 9 наглядно показано, что существующее и описанное в геологическом отчете нарушение «Южный взброс» проходит через узлы комбинации двух и более выявленных аномалий как по первостепенным, так и по второстепенным факторам.

При условии допущения можно сделать вывод, что для данного месторождения характерным является прохождение нарушений через узлы сочетаний минимально (два фактора аномалий). Указанное допущение позволяет прогнозировать расположение нарушений, представленное на рис. 10 и 11.

Направление сместителя нарушения (оси складки) можно ориентировочно спрогнозировать по расположению зон аномальной мощности пласта и вышележащего (вышележащих) междупластья (междупластий), что представлено на рис. 12. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Проведение анализа нарушений при фактической отработке массива горных пород

При фактическом ведении работ необходимо проводить анализ отличий фактического положения, например, почвы пласта от положения, описанного и определенного в процессе геологоразведочных и проектных работ, так как наличие не выявленных ранее нарушений может негативно сказываться на устойчивости массива горных пород и приводить к тяжелым технологическим последствиям вплоть до трагических.

Так, например, в сформированных бортах, имеющих ранее не выявленные тектонические нарушения, могут происходить обрушения горных пород, последствия которых можно предупредить, если своевременно выявить различие между фактическим и проектным положением пласта или рудного тела. Для этого необходимо осуществлять трехмерное моделирование почвы пласта полезного ископаемого в совмещении с трехмерной моделью фактического положения горных работ.

Выполненное построение сечений как по нормали к изогипсам фактически сформировавшейся поверхности, так и по простиранию позволяют выявить участки отклонений. Наглядно пример подобного анализа представлен на рис. 13.

Согласно данным построенных сечений наглядно видно, что почва пласта имеет аномальные колебания с амплитудой до 5 м, при этом фактический угол падения почвы пласта больше описанного в геологической информации и, соответственно, проектные решения требуют проверки, так как фактическая устойчивость массива будет отличаться от расчетной в худшую сторону.

Выводы

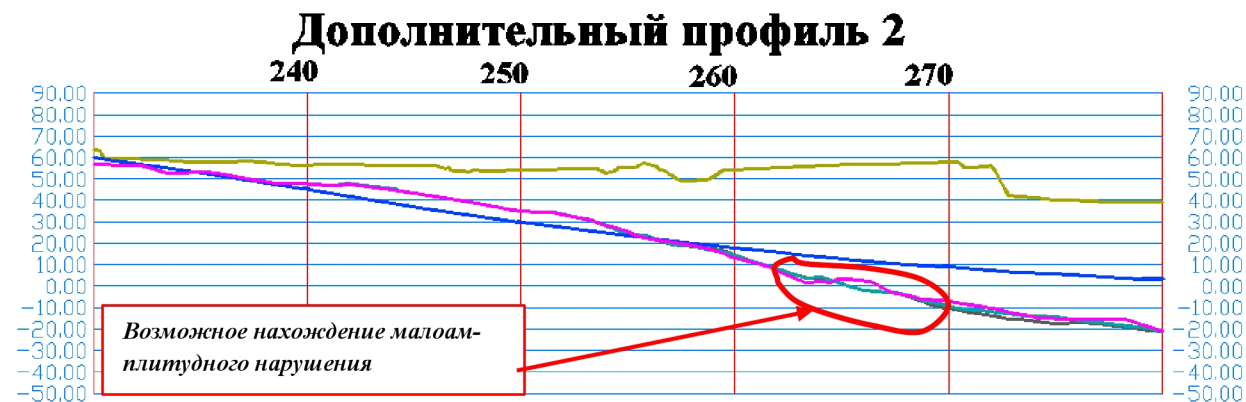
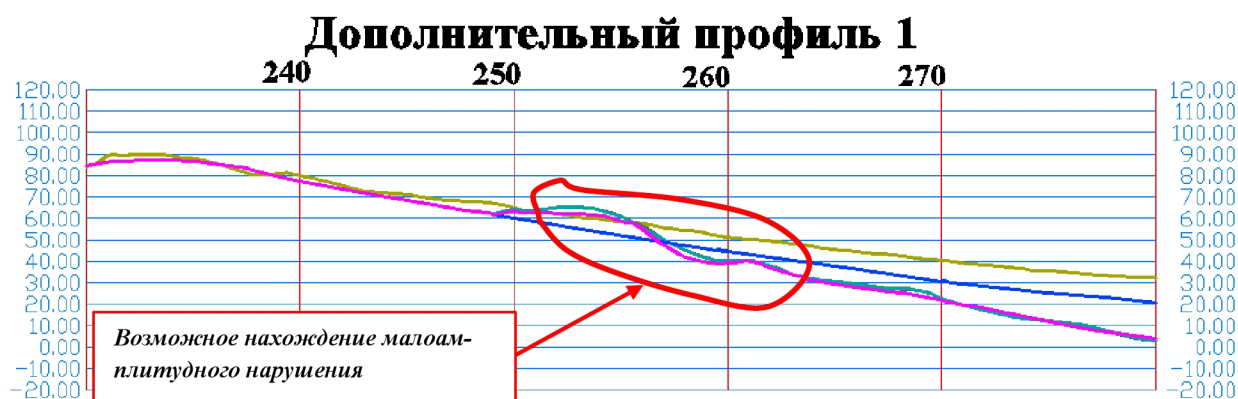
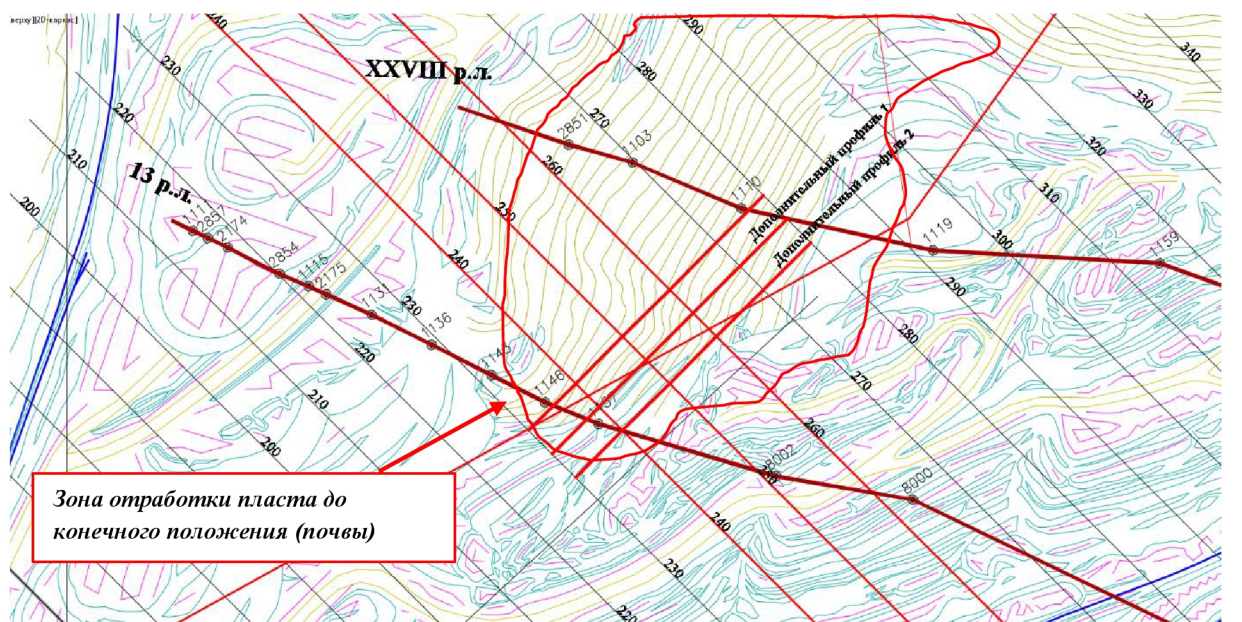
При проведении геологоразведочных работ и работ по отработке месторождения представленная методика прогнозирования позволяет оперативно, в течение 4-10 часов, при наличии геологической базы буровых скважин месторождения (как в полном варианте, так и в упрощенном (в базу внесены только пласты ПИ и рыхлые отложения) или трехмерных моделей поверхности производить планирование буровых работ по результатам уже выполненного бурения или фактической отработки с целью уточнения проекта бурения и получения максимально достоверных геологических материалов.

При выполнении предпроектных разработок (ТЭО, ТЭП, ТЭР) предлагаемая методика позволит определить области проведения и объемы доразведочных работ.

При проведении проектных работ данная методика позволит выполнить разделение месторождения на блоки первой и второй очереди отработки и определить области проведения и объемы доразведочных работ.

Рекомендуемый порядок выполнения работ по анализу месторождения:

- создание геологической базы месторождения;
- создание 3D-модели поверхности месторождения;
- создание 3D-модели уровня подземных вод;
- проведение анализа по факторам, предложенным в методике;



- Контур горных работ по состоянию на 05.08.2015 г.
- Контур горных работ по состоянию на 26.11.2015 г.
- Контур горных работ по состоянию на 20.02.2015 г.
- Проектное положение почвы пласта.
- Положение горных работ на начало проектирования.

Рис. 13. Возможное наличие мелкоамплитудных пликативных нарушений, влияющих на устойчивость массива почвы

Fig. 13. The possible presence of small-amplitude plicative disturbances affecting the stability of the seam bottom



- выявление характерного для месторождения сочетания факторов, определяющих нарушение путем сравнения наложений результатов анализа на пространственную модель описанного или выявленного ранее нарушения (при наличии выполненных ранее разведочных работ);

При выполнении предпроектных разработок (ТЭО, ТЭП, ТЭР) предлагаемая методика позволит определить области проведения и объемы доразведочных работ.

При проведении проектных работ данная методика позволит выполнить разделение месторождения на блоки первой и второй очереди отработки и определить области проведения и объемы доразведочных работ.

Рекомендуемый порядок выполнения работ по анализу месторождения:

- создание геологической базы месторождения;
- создание 3D-модели поверхности месторождения;
- создание 3D-модели уровня подземных вод;
- проведение анализа по факторам, предложенным в методике;
- выявление характерного для месторождения сочетания факторов, определяющих нарушение путем сравнения наложений результатов анализа на пространственную модель описанного или выявленного ранее нарушения (при наличии выполненных ранее разведочных работ);
- прогнозирование зон возможного расположения нарушений и определение необходимости дополнительного бурения;

Это позволит на начальной стадии прогнозировать ухудшение условий ведения работ при отработке месторождений и избегать техногенных инцидентов, аварий и несчастных случаев.

Список источников

1. Осипов, В.Л. Определение рудных интервалов при подсчете запасов в программе MICROMINE / Золото и технологии. – 2018. – №1(39). – С. 40-45.
2. Измайлов, Д.Я. Причины расхождений в подсчете запасов при использовании блочного моделирования и традиционных методов подсчета и методы их минимизации / Д.Я. Измайлов, В.Н. Лучиннинова, В.В. Зарубин // Недропользование XXI век. – 2014. – №2(46). – С. 20-23.
3. Никифорова, О.П. Подсчет запасов угля месторождений Кузбасса сложного строения / Недропользование XXI век. – 2011. – №1(26). – С. 18-21.
4. Михайлец, Н.М. Уточнение геологического строения и подсчетных параметров Богородского месторождения на основе анализа подтверждаемости параметров его геологической модели / Н.М. Михайлец, В.Л. Шустер // Георесурсы, геознергетика, геополитика. – 2012. – №1(5). – С. 69.
5. Закиев, Р.М. Применение ГИС-технологий для подсчетов геологических и технологических запасов месторождений полезных ископаемых / Р.М. Закиев, И.А. Кравченко, В.М. Шек // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2010. – №5. – С. 54-57.
6. Левин, С.Ф. Геологическое моделирование сложнопостроенных сред в программном обеспечении PARADIGM™ SKUA / С.Ф. Левин, Т.В. Оленева // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2010. – №3. – С. 56-59.
7. Гриб, Н.Н. Подсчет запасов угольных месторождений с использованием геоинформационных технологий / Н.Н. Гриб, А.А. Сясько, А.В. Качаев // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – №1. – С. 17-20.
8. Наймушин, Д.Г. Выбор вариантов разработки пластов с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов на примере Майского месторождения / Д.Г. Наймушин, А.А. Попов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – №1. – С. 109-115.
9. Никулина, Ю.В. Автоматизация подсчета запасов полезных ископаемых с использованием информационных технологий / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – №55. – С. 185-189.
10. Шаклеин, С.В. Подсчет запасов сложнорасположенных угольных месторождений / С.В. Шаклеин, О.П. Никифорова // Маркшейдерия и недропользование. – 2011. – №1(51). – С. 24-30.
11. Васильев, И.Д. Решение прикладных горно-геологических задач с использованием программного обеспечения GEMCOM / И.Д. Васильев, О.А. Мельникова // Горная промышленность. – 2011. – №5(99). – С. 90-92.
12. Митрофанов, А.Ф. Методика трехмерного моделирования, повариантный подсчет запасов и временная экономическая оценка участков Большой Ихтегипахк, Пахкварака и Алёнка Федоровотундровского месторождения (Кольский п-ов) / Маркшейдерский вестник. – 2012. – №1(87). – С. 23-30.



13. Щергина, Е.А. Методика выявления обводненных скважин при геологическом моделировании / Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – №12. – С. 25-31.
14. Писаренко, М.В. Учет неопределенности интерпретации данных при компьютерном построении горно-геометрических моделей угольных месторождений / М.В. Писаренко, Т.Б. Рогова, С.В. Шаклеин // Маркшейдерский вестник. – 2018. – №5(126). – С. 19-26.
15. Рогова, Т.Б. Применение компьютерных технологий для построения изолиний горно-геологических показателей угольных пластов / Т.Б. Рогова, С.В. Шаклеин // Маркшейдерский вестник. – 2017. – №4(119). – С. 29-36.

References

1. Osipov, V.L. Opredelenie rudnyh intervalov pri podschete zapasov v programme MICROMINE / Zoloto i tekhnologii. – 2018. – №1(39). – С. 40-45.
2. Izmajlov, D.YA. Prichiny raskhozhdenij v podschete zapasov pri ispol'zovanii blochnogo modelirovaniya i tradicionnyh metodov podscheta i metody ih minimizacii / D.YA. Izmajlov, V.N. Luchinina, V.V. Zarubin // Nedropol'zovanie XXI vek. – 2014. – №2(46). – С. 20-23.
3. Nikiforova, O.P. Podschet zapasov uglja mestorozhdenij Kuzbassa slozhnogo stroeniya / Nedropol'zovanie XXI vek. – 2011. – №1(26). – С. 18-21.
4. Mihajlec, N.M. Utochnenie geologicheskogo stroeniya i podschetnyh parametrov Bogorodskogo mestorozhdeniya na osnove analiza podtverzhdaemosti parametrov ego geologicheskoy modeli / N.M. Mihajlec, V.L. SHuster // Georesursy, geoenergetika, geopolitika. – 2012. – №1(5). – С. 69.
5. Zakiev, R.M. Primenenie GIS-tekhnologij dlya podschetov geologicheskikh i tekhnologicheskikh zapasov mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh / R.M. Zakiev, I.A. Kravchenko, V.M. SHek // Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. – 2010. – №5. – С. 54-57.
6. Levin, S.F. Geologicheskoe modelirovanie slozhnopol'zovannyh sred v programmnom obespechenii PARADIGM™ SKUA / S.F. Levin, T.V. Oleneva // Nauchnye trudy NIPi Neftegaz GNKAR. – 2010. – №3. – С. 56-59.
7. Grib, N.N. Podschet zapasov ugol'nyh mestorozhdenij s ispol'zovaniem geoinformacionnyh tekhnologij / N.N. Grib, A.A. Syas'ko, A.V. Kachaev // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2011. – №1. – С. 17-20.
8. Najmushin, D.G. Vybory variantov razrabotki plastov s trudnoizvlekaemymi zapasami uglevodородов na primere Majnskogo mestorozhdeniya / D.G. Najmushin, A.A. Popov // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2011. – Т. 318. – №1. – С. 109-115.
9. Nikulina, YU.V. Avtomatizaciya podscheta zapasov poleznyh iskopaemyh s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij / Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2010. – №5. – С. 185-189.
10. SHaklein, S.V. Podschet zapasov slozhnodislocirovannyh ugol'nyh mestorozhdenij / S.V. SHaklein, O.P. Nikiforova // Markshejderiya i nedropol'zovanie. – 2011. – №1(51). – С. 24-30.
11. Vasil'ev, I.D. Reshenie prikladnyh gorno-geologicheskikh zadach s ispol'zovaniem programmnogo obespecheniya GEMCOM / I.D. Vasil'ev, O.A. Mel'nikova // Gornaya promyshlennost'. – 2011. – №5(99). – С. 90-92.
12. Mitrofanov, A.F. Metodika trekhmernogo modelirovaniya, povariantnyj podschet zapasov i sovremennaya ekonomicheskaya ocenka uchastkov Bol'shoj Ihtegipahk, Pakhvaraka i Alyonka Fedorovotundrovskogo mestorozhdeniya (Kol'skij p-ov) / Markshejderskij vestnik. – 2012. – №1(87). – С. 23-30.
13. SHCHergina, E.A. Metodika vyavleniya obvodnennyh skvazhin pri geologicheskom modelirovanii / Geologiya, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – №12. – С. 25-31.
14. Pisarenko, M.V. Uchet neopredelennosti interpretacii dannyh pri komp'yuternom postroenii gornogeometricheskikh modelej ugol'nyh mestorozhdenij / M.V. Pisarenko, T.B. Rogova, S.V. SHaklein // Markshejderskij vestnik. – 2018. – №5(126). – С. 19-26.
15. Rogova, T.B. Primenenie komp'yuternykh tekhnologij dlya postroeniya izolinij gorno-geologicheskikh pokazatelej ugol'nyh plastov / T.B. Rogova, S.V. SHaklein // Markshejderskij vestnik. – 2017. – №4(119). – С. 29-36.

Авторы

Мильй Сергей Михайлович,
начальник отдела аудита и авторского надзора
e-mail: sm_miliy@rambler.ru

Authors

Sergey M. Miliy
chief of the audit and field supervision department
e-mail: sm_miliy@rambler.ru



Роженко Марина Анатольевна,
ведущий инженер
e-mail: an.sgp@mail.ru

Marina A. Rozhenko
leading engineer
e-mail: an.sgp@mail.ru

Прокопенко Константин Александрович,
инженер I категории
e-mail: an.sgp@mail.ru

Konstantin A. Prokopenko
1st category engineer
e-mail: an.sgp@mail.ru

Короткова Галина Ивановна,
инженер I категории
e-mail: an.sgp@mail.ru

Galina I. Korotkova
1st category engineer
e-mail: an.sgp@mail.ru

Инжиниринговая компания «SGP»
Российская Федерация, г. Кемерово, 650066,
пр. Октябрьский, 28Б

SGP Engineering company
Kemerovo, 28b October av., 650066,
Russian Federation

Библиографическое описание статьи

Милый, С.М. Методика определения зон нарушений пластов для повышения достоверности данных геологоразведки / С.М. Милый, М.А. Роженко, К.А. Прокопенко, Г.И. Короткова // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 2 (5). – С. 4-18.

Cite this article

Miliy S.M., Rozhenko M.A., Prokopenko K.A., Korotkova G.I. (2019) Methodology for identifying seams disturbance zones to increase the reliability of exploration data, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(5):4.