DOI: 10.15593/2224-9923/2014.10.11

УДК 622.831.322

© Андрейко С.С., Зверева Е.В., 2014

АНАЛИЗ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПЛАСТА АБ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ШАХТНОГО ПОЛЯ РУДНИКА СКРУ-3 ОАО «УРАЛКАЛИЙ»

С.С. Андрейко, Е.В. Зверева

**Горный институт Уральского отделения Российской академии наук,
Пермь, Россия**

Объект исследования – силвинитовый пласт АБ в юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3 ОАО «Уралкалий». Предмет исследования – газодинамические явления и складчатость пласта АБ.

Целью выполнения работы стало решение задачи структурно-тектонического анализа строения пласта АБ в юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3.

В процессе проведения исследования цифровой обработке подвергались геологические разрезы с маркшейдерской привязкой по панельным и блоковым выработкам 17-й и 18-й панелей рудника СКРУ-3 ОАО «Уралкалий».

По результатам цифровой обработки исходных данных были построены карты изомощностей пласта АБ и изогипс кровли пласта АБ, по которым проводился анализ структурно-тектонического строения в юго-восточной части шахтного поля.

В пределах участка исследований выделяются складки 2-го порядка, охватывающие отдельные слои и пласты солей с амплитудой до 2 м, и складки 3-го порядка, охватывающие ряд пластов внутри соляной толщи с амплитудой до 7 м. Анализ структурно-тектонического строения пласта АБ в юго-восточной части шахтного поля СКРУ-3 показал, что наиболее интенсивная складчатость и складки 3-го порядка развиты на 18-й панели в блоках 2, 4, 6, 7.

Результатом выполненных исследований является заключение о том, что области, где выявлены складки 3-го порядка, необходимо относить к зонам, опасным по газодинамическим явлениям.

Ключевые слова: структурно-тектонический анализ, пласт АБ, трехмерная модель, карта изогипс пласта АБ, карта изомощностей пласта АБ, складки 3-го порядка, газодинамические явления.

ANALYSIS OF STRUCTURAL AND TECTONIC STRUCTURE OF LAYER AB AT THE SOUTHEAST OF MINE FIELD SKRU-3 OF OJSC "URALKALI"

S.S. Andreiko, E.V. Zvereva

**Mining Institute of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russian Federation**

Object of research – sylvinitic layer AB in the south-eastern part of the mine field SKRU-3 of OJSC "Uralkali". Subject of research – gasdynamic phenomena and folding of formation AB.

The purpose of this work was the solution to the problem of structural and tectonic analysis of the formation AB structure in the south-eastern part of the mine field SKRU-3.

In the process of the study geological sections were subjected to digital processing with surveying binding on panel and block workings of the 17th and 18th panels of the mine SKRU-3 of OJSC "Uralkali".

According to the results of digital raw data processing formation AB isopach maps and AB formation top isohypses were constructed, which were a base for analyzing the structural and tectonic structure in the south-eastern part of the mine field.

Within this area of research folds of the 2nd order are allocated covering the individual layers and layers of salt with an amplitude of up to 2 m, and the folds of the 3rd order, covering a number of layers within the salt stratum with an amplitude of up to 7 m. Analysis of formation AB structural and tectonic structure in south-eastern part of the mine field SKRU-3 showed that the most intense folding and fold of the 3rd order are developed in the 18th panel in blocks 2, 4, 6, 7.

The result of the research is the conclusion that the area where the folds of the 3rd order were identified, should be related to the zones, which are dangerous because of gasdynamic phenomena.

Keywords: structural and tectonic analysis, the formation AB, three-dimensional model, formation AB isohypses map, formation AB isopach map, the folds of the 3rd order, gasdynamic phenomena.

Введение

При разработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей возникают газодинамические явления следующих видов:

- внезапные выбросы соли и газа;
- внезапные обрушения пород кровли, стенок выработки, разрушение пород почвы, сопровождающиеся газовыделением;
- явления комбинированного типа – разрушения пород кровли или почвы с последующим развитием выброса пород и газа.

Указанные явления по времени действия подразделяются на те, которые могут происходить в момент отбойки, и на те, которые происходят после этого; по месту действия: могут происходить как в призабойном пространстве, так и вне его (запоздалые газодинамические явления).

В настоящее время практика ведения горных работ на сильвинитовых пластах АБ и Красный-2 в условиях калийных рудников на Верхнекамском калийно-магниевом месторождении показала, что газодинамические явления приурочены к участкам развития интенсивной складчатости пластов. При приближении горных работ к тектоническим нарушениям увеличивается риск внезапного проявления газодинамического явления. В связи с этим задача структурно-тектонического анализа пласта играет не малую роль при проведении горных работ.

Общие сведения о руднике СКРУ-3 ОАО «Уралкалий»

Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей расположено в Пермской области и занимает площадь порядка 3,7 тыс. км².

Шахтное поле рудника СКРУ-3 расположено в центральной части месторождения в пределах детально разведанного с поверхности Ново-Соликамского участка в Соликамском районе Пермской области.

Согласно проектному заданию 1969 г. рудником СКРУ-3 с 1983 г. ведется отра-

ботка балансовых запасов двух промышленных пластов сильвинита АБ и Красного-2.

На данный момент отрабатываются запасы 9, 10, 12, 15, 17 и 18-й панелей камерной системой разработки с оставлением жестких ленточных целиков с ориентацией камер с севера на юг. Способ подготовки шахтного поля – панельный. Ширина панелей 400 м, длина 2000 м.

В результате геологоразведочных работ на площади горного отвода пробурено с поверхности 68 глубоких разведочных скважин, вскрывших толщу солей преимущественно до верхов подстилающей каменной соли, а также 11 структурных скважин, пробуренных до кровли соляной залежи. Кроме того, на площади горного отвода для выяснения техногенного загрязнения подземных вод в надсолевой толще в 1988–1990 гг. пробурена 31 гидрогеологическая скважина. По всем пробуренным скважинам имеются координаты устьев скважин и данные о тампонаже [1].

Вскрытие рабочих панелей производится конвейерным и транспортным штреками, пройденными в подстилающей каменной соли, с которых осуществляется проходка выемочных штреков на отрабатываемом пласте АБ. Панельные выемочные штреки проходятся по середине панелей, а на их границах – панельные вентиляционные штреки. Расположение одноименных панельных выработок соосное, ориентируются они в широтном направлении. В подстилающей каменной соли под выемочными штреками располагаются полевые конвейерные штреки. Эти выработки соединяются с выемочными штреками рудоспусками и уклонами и служат для транспортирования руды. Порядок отрабатываемых панелей прямой [2].

Для поддержания устойчивого состояния горных выработок, при котором в течение необходимого по условиям производства периода времени (технологического срока службы) происходит об-

рушение пород и смещения контура выработки (или ее частей) не превышают предельно допустимых, выполняется комплекс мероприятий: оставление целиков, размещение горных выработок на расстоянии, исключающем их взаимное влияние, рациональное расположение выработок относительно слабых слоев (прослойков), выбор рациональной формы поперечного сечения выработок, закладка выработанного пространства, крепление кровли горных выработок [3, 4].

Пласт отрабатывается комбайновыми комплексами. Очистные работы по пласту Красный-2 ведутся комплексами, в состав которых включается комбайн типа «Урал-10А» (площадь выработок 8,3; 9,4; 10,5 м²), бункер-перегрузатель БП-14А и самоходный вагон типа 5ВС-15М. На блоке планируется одновременная работа одного-двух комплексов. Очистная выемка пласта АБ проводится комплексами, в состав которых входит комбайн типа «Урал-10 А», бункер-перегрузатель БП-15, самоходный вагон типа 5ВС-15М. На блоке предусмотрена одновременная работа одного или двух комплексов. Подготовительные работы в пределах выемочного пространства блоков, панелей производятся комплексами «Урал-20А» (площадь выработок 20,2 и 15,75 м²) [5].

Газодинамические явления на рудниках Верхнекамского калийно-магниевого месторождения

Подземная разработка калийных пластов практически на всех месторождениях мира значительно осложняется газодинамическими явлениями. Внезапные выбросы соли и газа, обрушение пород кровли, явления комбинированного типа, отжимы призабойной части пород – вот тот спектр газодинамических явлений, которые представляют реальную угрозу жизни шахтеров, разрушают дорогостоящее проходческое и очистное оборудование, нарушают ритмичность работы

рудников из-за длительных простоев, параметры системы разработки и технологию работ [6].

За время отработки сильвинитовых пластов на Верхнекамском месторождении было отмечено 292 газодинамических явления, которые приводили в отдельных случаях к летальным исходам и нанесли значительный материальный ущерб предприятиям. По видам произошедшие газодинамические явления распределились следующим образом: внезапные выбросы соли и газа – 52 %, обрушения, сопровождающиеся газовыделением, – 42 %, явления комбинированного типа – 6 % [7, 8].

В условиях новых экономических отношений феномен газодинамических явлений значительно снижает основные технико-экономические показатели работы калийных рудников и приводит к росту социальной напряженности в трудовых коллективах, поэтому решение проблемы газодинамических явлений при подземной разработке калийных пластов является одной из наиболее актуальных задач горной науки [9].

Добычу калийных руд на Верхнекамском месторождении начали производить с 1934 г., с началом отработки карналлитового пласта В. На сильвинитовых пластах АБ и Красный-2 газодинамические явления происходят в виде внезапных выбросов соли и газа, обрушение пород кровли сопровождается газовыделениями и явлениями комбинированного типа [10–12].

Внедрение результатов научно-исследовательских работ в практику ведения горных работ позволило уменьшить число газодинамических явлений на калийных рудниках. Тем не менее газодинамические явления на месторождении продолжают происходить, и для повышения безопасности ведения горных работ требуется дальнейшее совершенствование методов прогнозирования и способов предотвращения этих опасных явлений.

Признаки, позволяющие определить появление газодинамических явлений

Разрабатываемые пласты и вмещающие породы Верхнекамского калийно-магниевого месторождения содержат в микровключенном и свободном виде природные газы, в состав которых входит метан, тяжелые углеводороды, водород, углекислый газ, сероводород и др.

Скопления свободных газов наблюдаются в двух формах: приконтактные (прикоржевые) и гнездовые (очаговые). Распределение газов, их количественный и качественный состав как по месторождению в целом, так и в пределах отдельных и выемочных полей, пластов, участков крайне неравномерны [13, 14].

Некоторые из этих явлений, имеющие различную природу, иногда очень трудно различить по внешним признакам.

Для надежного прогнозирования и предотвращения газодинамических явлений необходимо располагать сведениями о признаках, предшествующих их возникновению.

Газодинамическим явлениям могут предшествовать следующие признаки, свидетельствующие об увеличении опасности их возникновения:

- резкое изменение мощности пластов (в 2 и более раз на расстоянии менее 10 м);
- локальные замещения соляных пород глинистым материалом;
- зоны перехода сильвинита в карналлитовую породу;
- открытые трещины, вскрытые горными выработками.

Предвестники газодинамических явлений:

- потрескивание массива;
- отскакивание кусочков породы;
- повышенное выделение газа из шпуров и трещин;
- выброс штыба и газа при бурении скважин и шпуров;
- развивающийся по времени прогиб кровли или поднятие почвы горной выработки с образованием открытых трещин;

– образование открытых трещин.

При наличии таких признаков должны проводиться дополнительные мероприятия согласно «спецмероприятиям». Необходимо прекратить все работы, удалиться в безопасное место, сообщить лицу технического надзора и диспетчеру, а также отключить электроэнергию, кроме вентиляционных установок [15].

Результаты структурно-тектонического анализа пласта АБ в юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3

В результате цифровой обработки геологических разрезов с маркшейдерской привязкой была построена трехмерная модель с наложением на нее карты изогипс кровли пласта АБ юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3, изображенная на рис. 1. Цифровой обработке были подвержены панельные вентиляционные, транспортные штреки 17-й и 18-й панелей, а также блоковые выемочные штреки, блоковые северные и южные вентиляционные штреки 17-й и 18-й панелей.

Рис. 1. Карта изогипс кровли пласта АБ юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3

Анализ построенной карты показал, что на площади исследования расположены две антиклинальные складки. Первая складка имеет коробчатую структуру и прослеживается полностью, а для анализа второй складки, находящейся в северо-западной части карты, необходим

дальнейший структурно-тектонический анализ на 15-й панели, которая примыкает к 17-й панели с левой стороны.

Следующим результатом цифровой обработки стала трехмерная модель с наложением на нее карты изомощностей пласта АБ юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3. Построенная модель изображена на рис. 2.

Рис. 2. Карта изомощностей пласта АБ юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3

При анализе карты изомощностей пласта АБ было выявлено следующее: мощность пласта изменяется в пределах от 0,4 до 8,5 м, а ее среднее значение на площади исследования составляет 3,9 м.

Пласт Б залегает непосредственно на пласте А и вместе с ним образует промышленный пласт АБ. Анализируя строение пласта Б, можно сказать, что на большей части шахтного поля пласт представлен пестрым силвинитом, а пласт А полосчатым силвинитом (рис. 3, а). В юго-восточной части шахтного поля определено замещение пласта АБ каменной солью на площадях от нескольких сотен квадратных метров до 1,5 км². Замещение промышленного пласта АБ носит различный характер: либо замещение пласта Б каменной солью (рис. 3, б), либо полное замещение пласта АБ каменной солью (рис. 3, в). В процессе исследования также были выявлены локальные зоны замещения каменной солью пласта АБ (рис. 3, г).

В процессе проведения цифровой обработки были выявлены зоны замещения

пласта АБ каменной солью в 8-м блоке 18-й панели, а также на панели 17 в блоках 1–5.

Рис. 3. Геологическое строение пласта АБ

Существует три вида складок.

Складки 1-го порядка – это внутри-пластовые, слоевые складчатости амплитудой до нескольких сантиметров или дециметров. Складки данного порядка сопровождаются обычным, спокойным выделением, не приводящим к газодинамическим явлениям.

Складки 2-го порядка охватывают отдельные слои и пласты. Амплитуда таких складок достигает 2 м. Таким складкам также присуще газовыделение, но масштаб его незначителен.

Складки 3-го порядка – это складки, охватывающие отдельные группы слоев и пластов амплитудой до 7 м.

В пределах участка исследований выделяют складки 3-го и 2-го порядка. Пример складки 2-го порядка представлен на рис. 4. Складка была обнаружена на блоковом выемочном штреке 18-й панели 2-го блока. Складка 3-го порядка, обнаруженная на северном блоковом вентиляционном штреке 18-й панели блока 4, представлена на рис. 5.

Рис. 4. Складка 2-го порядка на блоковом выемочном штреке 18-й панели блока 2

Рис. 5. Складка 3-го порядка на северном блоковом вентиляционном штреке 18-й панели блока 4

Анализ структурно-тектонического строения пласта АБ в юго-восточной части шахтного поля рудника СКРУ-3 показал, что наиболее интенсивная складчатость и складки 3-го порядка развиты на 18-й панели в блоках 2, 4, 6, 7.

Заключение

При ведении горных работ необходимо уделять внимание складкам 3-го по-

рядка и относить их к зонам, опасным по газодинамическим явлениям, потому что в процессе формирования антиклинальной складки 3-го порядка соляные породы подвергаются деформации, в результате которой в пределах складок образуется система секущих трещин. Кроме того, происходит расслоение по глинистым прослойкам, как по наиболее слабым контактам соляных пород. В результате миграции в эти расслоения и трещины свободных газов из массива горных пород образуются очаги газодинамических явлений. В результате ведения горных работ данные очаги приводят к газодинамическим явлениям – внезапным выбросам соли и газа, внезапным обрушениям пород кровли, стенок выработок, разрушениям пород почвы, сопровождающиеся газовыделением.

Список литературы

1. Tomas R.L., Martinez J.D. Blowouts in Domal Salt // Dry Mining. – 1980. – Vol. I. – P. 405–411.
2. Eckart D., Gimm W., Thoma K. Plotzliche Ausbruche von Gestein und Gas im Bergbau. F.F.-H. – Leipzig, 1966. – 335 p.
3. Wolf H. Zur Aerodynamir der plotzlichen Ausbruche von Salz und Gas im Werra-Kalibergbau: dissertation / Techn. Universitat. – Dresden, 1965. – 165 p.
4. Eckart D. Beitrag zur Bekampfung plotzlicher Ausbruche von Salz und Gas // Bergakademie. – 1965. – № 17. – P. 759–760.
5. Hagget T., Cliff A.D., Frey A. Locational analysis in human geography. – 2nd ed. – New York: John Wiley and Sons, Inc., 1977. – 605 p.
6. Николин В.И., Меликсетов С.С., Беркович И.М. Выбросы породы и газа. – М.: Недра, 1968. – 78 с.
7. Проскуряков Н.М. Внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках. – М.: Недра, 1980. – 264 с.
8. Копнин В.И., Пшеничников А.Г. Структурно-тектонические условия газодинамических явлений на Березниковских калийных рудниках и вопросы прогнозирования выбросоопасных зон // Разработка калийных месторождений: сб. науч. тр. – Пермь, 1984. – С. 96–99.
9. Копнин В.И. Этапы и условия складкообразования на Верхнекамском месторождении калийных солей // Геотектоника. – 1983. – № 6. – С. 46–59.
10. Кудряшов А.И., Андрейко С.С. О природе очагов внезапных выбросов соли и газа // Изв. вузов. Горный журнал. – 1986. – № 2. – С. 10–13.
11. Шаманский Г.П., Вишняков А.К. О возможности прогнозирования газодинамических явлений в солях на основе геологических признаков // Разработка соляных месторождений: сб. науч. тр. – Пермь, 1977. – С. 105–109.
12. Долгов П.В., Полянина Г.Д., Земсков А.Н. Методы прогноза и предотвращения газодинамических явлений в калийных рудниках. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 176 с.
13. Лаптев Б.В. Научное обоснование прогноза и предотвращения газодинамических явлений при разработке калийно-магниевого солей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 1996. – 38 с.
14. Ковалев О.В., Ливенский В.С., Былино Л.В. Особенности безопасной отработки калийных месторождений. – Минск: Полымя, 1982. – 96 с.
15. Пермяков Р.С., Проскуряков Н.М. Внезапные выбросы соли и газа. – Л.: Недра, 1972. – 180 с.

References

1. Tomas R.L., Martinez J.D. Blowouts in Domal Salt. Dry Mining, 1980, vol. 1, pp. 405–411.
2. Eckart D., Gimm W., Thoma K. Plotzliche Ausbruche von Gestein und Gas im Bergbau. Leipzig, 1966. 335 p.
3. Wolf H. Zur Aerodynamir der plotzlichen Ausbruche von Salz und Gas im Werra-Kalibergbau. Dresden: Technical University, 1965. 165 p.
4. Eckart D. Beitrag zur Bekampfung plotzlicher Ausbruche von Salz und Gas. *Bergakademie*, 1965, no. 17, pp. 759–760.
5. Hagget T., Cliff A.D., Frey A. Locational analysis in human geography. New York: John Wiley and Sons, 1977. 605 p.
6. Nikolin V.I., Meliksetov S.S., Berkovich I.M. Vybrosoy porody i gaza [Rock and gas emissions]. Moscow: Nedra, 1968. 78 p.
7. Proskuriakov N.M. Vnezapnye vybrosoy porody i gaza v kaliinykh rudnikakh [Sudden releases of rock and gas in the potash mines]. Moscow: Nedra, 1980. 264 p.
8. Kopnin V.I., Pshenichnikov A.G. Strukturno-tektonicheskie usloviia gazodinamicheskikh iavlenii na Bereznikovskikh kaliinykh rudnikakh i voprosy prognozirovaniia vybrosoopasnykh zon [Structural-tectonic conditions of gas-dynamic phenomena on Bereznikovskie potash mines and forecasting issues outburst zones]. *Razrabotka kaliinykh mestorozhdenii*. Perm, 1984, pp. 96–99.
9. Kopnin V.I. Etapy i usloviia skladkoobrazovaniia na Verkhnekamskom mestorozhdenii kaliinykh solei [Stages and conditions fold formation on Verkhnekamsky potash deposit]. *Geotektonika*, 1983, no. 6, pp. 46–59.
10. Kudriashov A.I., Andreiko S.S. O prirode ochagov vnezapnykh vybrosov soli i gaza [On the nature of foci of sudden outbursts of gas and salt]. *Izvestiia vuzov. Gornyi zhurnal*, 1986, no. 2, pp. 10–13.
11. Shamanskii G.P., Vishniakov A.K. O vozmozhnosti prognozirovaniia gazodinamicheskikh iavlenii v soliakh na osnove geologicheskikh priznakov [On the possibility of forecasting gas-dynamic phenomena in the salts on the basis of geological features]. *Razrabotka solianyykh mestorozhdenii*. Perm, 1977, pp. 105–109.
12. Dolgov P.V., Polianina G.D., Zemskov A.N. Metody prognoza i predotvrashcheniia gazodinamicheskikh iavlenii v kaliinykh rudnikakh [Methods of prediction and prevention of gas-dynamic phenomena in the potash mines]. Alma-Ata: Nauka, 1987. 176 p.
13. Laptev B.V. Nauchnoe obosnovanie prognoza i predotvrashcheniia gazodinamicheskikh iavlenii pri razrabotke kaliino-magnievyykh solei [Scientific substantiation of prediction and prevention of gas-dynamic phenomena in the development of potassium and magnesium salts], abstract thesis of the doctor of the technical sciences. St.-Petersburg, 1996. 38 p.
14. Kovalev O.V., Livenskii V.S., Bylino L.V. Osobennosti bezopasnoi otrabotki kaliinykh mestorozhdenii [Features of the safe mining of potash deposits]. Minsk: Polymia, 1982. 96 p.
15. Permiakov R.S., Proskuriakov N.M. Vnezapnye vybrosoy soli i gaza [Sudden releases of gas and salt]. Leningrad: Nedra, 1972. 180 p.

Об авторах

Андрейко Сергей Семенович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией геотехнологических процессов и рудничной газодинамики Горного института Уральского отделения Российской академии наук (614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78 А; e-mail: ssa@mi-perm.ru).

Зверева Елена Владимировна (Пермь, Россия) – инженер лаборатории геотехнологических процессов и рудничной газодинамики Горного института Уральского отделения Российской академии наук (614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78 А; e-mail: zvereva__elena@mail.ru).

About the authors

Sergei S. Andreiko (Perm, Russian Federation) – doctor of technical science, professor, head of the laboratory geotechnical processes and mine gas dynamics of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (614007, Perm, Sibirskaya st., 78 А; e-mail: ssa@mi-perm.ru).

Elena V. Zvereva (Perm, Russian Federation) – engineer of the laboratory geotechnical processes and mine gas dynamics of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (614007, Perm, Sibirskaya st., 78 А; e-mail: zvereva__elena@mail.ru).

Получено 05.02.2014