

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН, ОПАСНЫХ ПО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ
ЯВЛЕНИЯМ, НА ШАХТНОМ ПОЛЕ РУДНИКА СКРУ-3 ОАО «УРАЛКАЛИЙ»
НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТРОЕНИЯ
ПЛАСТА АБ**

С.С. Андрейко, Е.В. Зверева

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

Объектом исследований в данной работе являлся силвинитовый пласт АБ на шахтном поле рудника СКРУ-3 ОАО «Уралкалий». Предметом исследований служили структурно-тектонические условия залегания пласта АБ. Целью выполнения работы было решение задачи прогнозирования зон, опасных по газодинамическим явлениям, на основе структурно-тектонического анализа строения пласта АБ на шахтном поле рудника СКРУ-3.

В процессе проведения исследований осуществлялась цифровая обработка геологических разрезов пласта АБ с маркшейдерской привязкой по панельным и блоковым выработкам 1, 2, 4, 12, 15, 17 и 18-й панелей рудника СКРУ-3 ОАО «Уралкалий». Затем по результатам цифровой обработки исходных данных была построена карта изогипс кровли пласта АБ, на основании которой проводился анализ структурно-тектонического строения пласта для выявления зон, опасных по газодинамическим явлениям. По результатам структурно-тектонического анализа была построена прогнозная карта зон, опасных по газодинамическим явлениям, основанная на выявлении антиклинальных складок 3-го порядка, к которым относятся складки с размерами: высота от 3 до 12 м, ширина от 20 до 100 м, длина – до 370 м. Установлено, что согласные и сублатеральные трещины, образующиеся в замковых частях антиклинальных складок 3-го порядка и заполненные свободным газом, являются очагами газодинамических явлений при отработке пласта АБ. Разработаны мероприятия по безопасному ведению горных работ в зонах, опасных по газодинамическим явлениям, при отработке пласта АБ на шахтном поле рудника СКРУ-3.

Ключевые слова: калийный рудник, шахтное поле, силвинитовый пласт, структурно-тектонический анализ, геологический разрез, изогипсы, антиклинальные складки, трещины, расслоения, свободный газ, комбайновый комплекс, очистные работы, газодинамические явления, полуавтоматический режим, дистанционное управление.

**FORECASTING OF ZONES, DANGEROUS BECAUSE OF GAS-DYNAMIC
EVENTS, ON MINE FIELD SKRU-3 OF OJSC "URALKALI" BASED
ON THE STRUCTURAL-TECTONIC ANALYSIS LAYERS AB STRUCTURE**

S.S. Andreiko, E.V. Zvereva

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Object of study in this paper was sylvinitic layer AB on mine field of SKRU-3 OJSC "Uralkali". The subjects of study were structural-tectonic layer AB conditions. The purpose of this work was the forecasting of zones, dangerous because of gas-dynamic events, based on the structural-tectonic analysis layers AB structure on mine field SKRU-3.

During research digital processing of geological sections of the AB layer with surveying binding on panel and block workings 1, 2, 4, 12, 15, 17 and 18 panels of the mine SKRU-3 OJSC "Uralkali" was carried out. Then on the results of digital processing raw data isohypses AB layer roof map was constructed, under which the structural and tectonic formation structure was analyzed to identify areas of dangerous gas-dynamic events. According to the results of structural and tectonic analysis forecast map of zones dangerous because of gas-dynamic events was constructed, based on the identification of third order anticlines, which includes the folds with dimensions: height from 3 to 12 m, width of 20 to 100 m, length - up to 370 m. It was established that consonants and sublateral cracks formed in the joint part of third order anticline and filled with free gas, are centers gas-dynamic events during reservoir AB mining. Measures for safe mining operations in areas, dangerous because of gas-dynamic events, when mining formation AB on mine field of SKRU-3 were developed.

Keywords: potash mine, mine field, sylvinitic layer, structural and tectonic analysis, geological section, isohypses, anticlinal folds, cracks, delamination, free gas, combine complex, clearing works, gas-dynamic events, semi-automatic, remote control.

Введение

Развитие калийной промышленности связано с потребностями сельского хозяйства, использующего в виде удобрения 90 % калия. По запасам сырья и величине минеральных удобрений калийная промышленность России занимает одно из ведущих мест в мире. Ведущее место в Российской Федерации принадлежит Верхнекамскому месторождению калийно-магниевых солей. По данным геологической разведки в нем сосредоточено более 10,5 млрд т калийных солей, это составляет более трети всех мировых запасов. Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (ВКМКС) открыто в 1925 г. и приурочено к центральной части Соликамской впадины Предуралья Краевого прогиба. Калийные пласты расположены внутри соляной толщи покровной и подстилающей каменной соли. Залежь имеет пластовую форму и простирается на площади 3,5 тыс. км² [1–3].

В настоящее время отработка запасов калийных руд ведется пятью рудниками, которые структурно входят в состав ОАО «Уралкалий». Центральную часть месторождения обрабатывают три рудника СКРУ-1, СКРУ-2, СКРУ-3, а южную – БКПРУ-2 и БКПРУ-4.

При разработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей происходят газодинамические явления (ГДЯ) следующих видов [4–10]:

- 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 могут происходить как в момент отбойки, так и после этого; по месту действия они 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 П в условиях калийных рудников на Верхнекамском калийно-магниевом месторождении показала, что газодинамические явления приурочены к участкам развития интенсивной складчатости пластов. При ведении горных работ на таких участках шахтных полей существенно возрастает вероятность развития газодинамических явлений [11–20]. В связи с этим задача структурно-тектонического анализа условий залегания разрабатываемого калийного пласта имеет большое значение для обеспечения безопасности горных работ.

Горнотехнические условия разработки калийных пластов на шахтном поле рудника СКРУ-3 ОАО «Уралкалий»

Шахтное поле рудника СКРУ-3 расположено в центральной части Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей в пределах детально разведанного Ново-Соликамского участка. Рудником СКРУ-3 с 1983 г. ведется отработка балансовых запасов трех промышленных пластов сильвинита В, АБ и Красный П.

На данный момент обрабатываются запасы камерной системой разработки с оставлением жестких ленточных целиков с ориентацией камер с севера на юг. Способ подготовки шахтного поля – панельно-блоковый.

В результате геологоразведочных работ на площади горного отвода пробурено с поверхности 68 геологоразведочных скважин, вскрывших толщу солей преимущественно до верхов подстилающей каменной соли, а также 11 структурных скважин, пробуренных до кровли соляной залежи.

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 центру 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 принят прямой [21].

Для поддержания устойчивого состояния горных выработок, при котором в течение необходимого по условиям производства периода времени (технологического срока службы) происходят обрушения пород и смещения контура выработки (или ее частей) и 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 [22, 23].

Пласты отрабатываются комбайновыми комплексами. Очистные работы по пластам В, АБ и Красный II ведутся комплексами, в состав которых включаются комбайны типа «Урал-20Р», «Урал-10А», бункер-перегрузатель БП-14А или БП-15 и самоходный вагон типа 5ВС-15М. На блоке планируется работа однодвух комплексов (одновременно). Подготовительные работы в пределах выемочного пространства блоков, панелей производятся комплексами «Урал-20А» (площадь сечения выработок 20,2 и 15,75 м²)¹.

Общие сведения о газодинамических явлениях на рудниках Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей

Подземная разработка калийных пластов практически на всех месторождениях мира значительно осложняется газодинамическими явлениями [4, 6, 8]. 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.

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 пород кровли (разрушения пород почвы), сопровождающиеся газовыделением, – 42 %, явления комбинированного типа – 6 %.

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.

Добыча калийных руд на Верхнекамском месторождении проводится с 1934 г., с началом отработки карналлитового пласта В. На сильвинитовых пластах АБ и Красный II ГДЯ происходят в виде

¹ Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО «Сильвинит» / ОАО «Галургия». Новосибирск: Наука, 2011. 487 с.

внезапных выбросов соли и газа, обрушений пород кровли (разрушений пород почвы), сопровождающихся газовыделениями, а также явлений комбинированного типа.

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 явлений.

Структурно-тектонические условия проявления газодинамических явлений

На Верхнекамском месторождении калийных солей принята следующая классификация складок [1]. Складки 1-го порядка – это внутрипластовые, 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.

К складкам 3-го порядка относятся складки, охватывающие пласты внутри соляной толщи от пласта Красный III до пласта В. При этом размеры складок составляют: высота от 3 до 12 м, ширина от 20 до 100 м, длина – до 370 м. В пределах антиклинальных складок 3-го порядка в процессе складкообразования образуются открытые трещины. Согласно и сублатеральные трещины, образующиеся в замковых частях антиклинальных складок 3-го порядка и заполненные свободным газом, в большинстве случаев являются очагами ГДЯ при отработке пласта АБ.

В качестве примера приведем газодинамическое явление, произошедшее на шахтном поле рудника БКРУ-2 ОАО «Уралкалий» (рис. 1). При проходке выработки по сильвинитовому пласту АБ в области антиклинальной складки 3-го порядка произошел выброс пород соли и газа из кровли выработки. Статистический анализ геологических условий проявления ГДЯ при отработке пласта АБ показал, что к антиклинальным складкам 3-го порядка приурочено более 70 % от их общего числа. В этой связи прогнозирование зон, опасных по газодинамическим явлениям, на основе структурно-тектонического анализа является актуальной задачей.

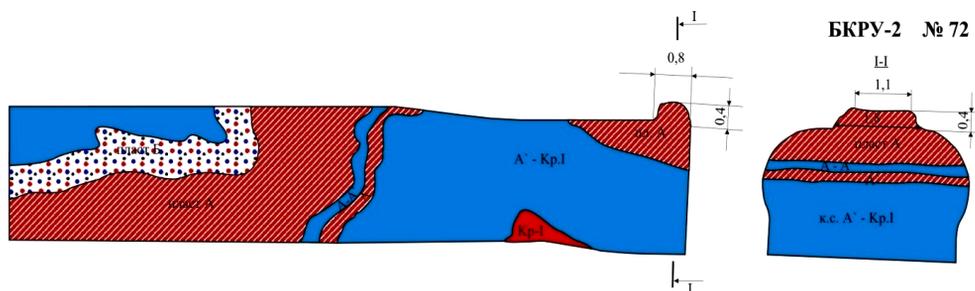


Рис. 1. Газодинамическое явление на шахтном поле рудника БКРУ-2 ОАО «Уралкалий»

**Результаты структурно-
тектонического анализа строения
пласта АБ на шахтном поле рудника
СКРУ-3**

В процессе проведения исследования на 1-м этапе цифровой обработке подвергались геологические разрезы пласта АБ с маркшейдерской привязкой по панельным и блоковым выработкам 1, 2, 4, 12, 15, 17 и 18-й панелей южной части рудника СКРУ-3 ОАО «Уралкалий».

На 2-м этапе исследований по результатам цифровой обработки исходных данных была построена карта изогипс кровли пласта АБ, на основании которой проводился анализ структурно-тектонического строения пласта в южной части шахтного поля для выявления зон, опасных по газодинамическим явлениям (рис. 2).

Анализ данной карты выявил, что наиболее интенсивная складчатость и складки 2-го порядка развиты на 18-й и 4-й панелях в блоках 2, 4, 6, а также на 2-й панели в блоке 10. По карте изогипс можно выделить шесть антиклинальных складок 3-го порядка:

– на 18-й панели в блоках 3 и 7;

– на 17-й панели в блоках 2, 3 и 4;

– на 5-й панели в блоке 3.

По результатам структурно-тектонического анализа была построена прогнозная карта зон, опасных по газодинамическим явлениям, основанная на выявлении антиклинальных складок 3-го порядка (рис. 3).

Как видно из рис. 3, в южной части шахтного поля рудника СКРУ-3 выделено три зоны, опасные по газодинамическим явлениям: на 18-й панели в блоках 3 и 7; на 17-й панели в блоках 2, 3 и 4; на 5-й панели в блоке 3. Важным направлением в совершенствовании системы мониторинга газодинамической опасности является и регламентация областей возможного применения режима полуавтоматического (дистанционного) управления включением и выключением комбайна. При ведении подготовительных и очистных горных работ в пределах установленных зон, опасных по газодинамическим явлениям, возможны интенсивные газовыделения и газодинамические явления из кровли, забоя, стенок и почвы горных выработок. В настоящее время проходческо-очистные комбайны типа «Урал», применяемые при ведении под-

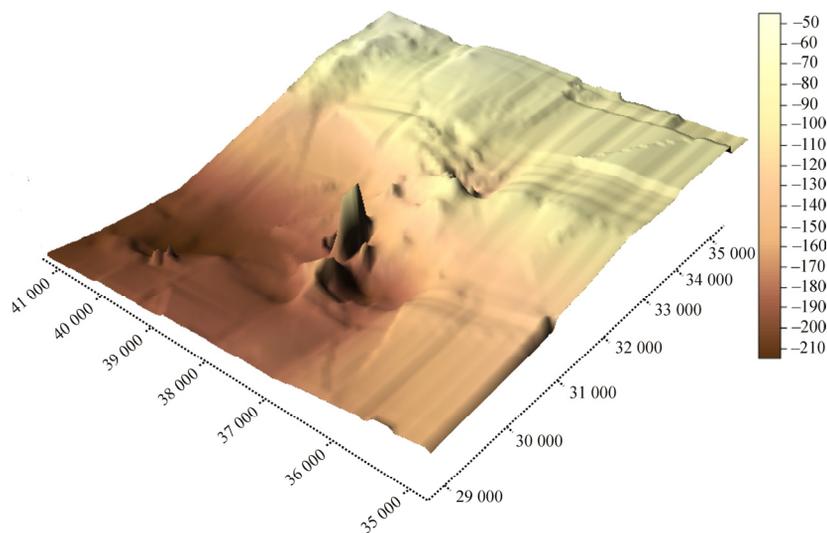


Рис. 2. Карта изогипс кровли пласта АБ южной части шахтного поля рудника СКРУ-3

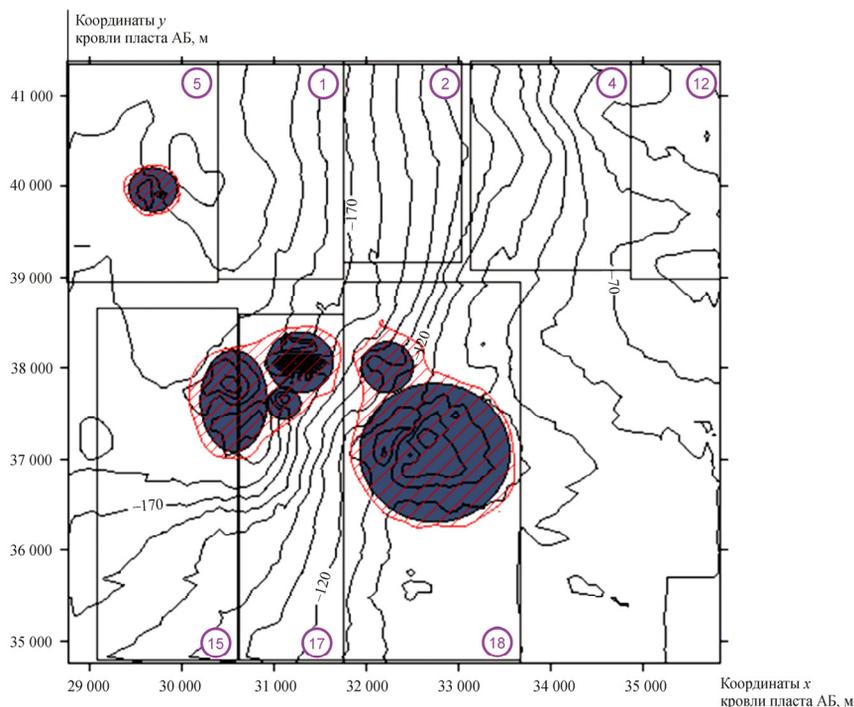


Рис. 3. Прогнозная карта зон, опасных по газодинамическим явлениям, для условий южной части шахтного поля рудника СКРУ-3: **№** номер панели; **●** область нахождения антиклинальной складки 3-го порядка; **⊗** зоны, опасные по газодинамическим явлениям

готовительных и очистных горных работ по пласту АБ, не оснащены буровыми установками, позволяющими бурить горизонтальные опережающие дегазационные скважины в забой и стенки выработки. Применение комбайнов с барабанным исполнительным органом в зонах, опасных по ГДЯ, – вопрос неопределенной перспективы. В связи с этим наиболее реальным мероприятием в сложившейся горно-технической ситуации является применение для проходческо-очистных комбайнов, работающих в зонах, опасных по ГДЯ, режима дистанционного управления, а для комбайнов, не оснащенных средствами дистанционного управления, – режима дистанционного включения и выключения с расстояния не менее 20 м от пульта управления комбайном при условии соблюдения требований регламентации последовательно-

сти выполнения технологических процессов. Практика применения этого способа управления газодинамическими процессами в зоне влияния Зырянского сдвига на руднике БКПРУ-2 показала его достаточную эффективность с позиции обеспечения безопасности ведения горных работ. Основной мерой для обеспечения безопасности рабочих, находящихся в выработке, где может произойти внезапный выброс соли и газа из забоя, стенки или кровли выработки в призабойной зоне, является дистанционное выполнение технологических процессов с расстояния, на котором рабочие не могут быть подвергнуты воздействию поражающих факторов ГДЯ. При внезапных выбросах соли и газа в призабойной зоне рабочие могут быть травмированы разлетающимися кусками породы и частями разрушенного под действием газо-

солевого потока и ударной воздушной волны горного оборудования, самым отбрасываемым от забоя оборудованием. Как показал анализ случаев внезапных выбросов соли и газа из забоя, стенок и кровли выработок на рудниках ОАО «Уралкалий», расстояние 20 м от пульта управления комбайном является безопасным, так как не отмечалось случаев разлета кусков разрушенной породы и частей горного оборудования на такое расстояние. Таким образом, на шахтном поле рудника СКРУ-3 в пределах выделенных зон, опасных по газодинамическим явлениям, отработку запасов пласта АБ рекомендуется производить в полуавтоматическом (дистанционном) режиме управления комбайном при нахождении машиниста комбайна на расстоянии не менее 20 м от комбайна.

Заключение

Результаты структурно-тектонического анализа строения пласта АБ показали, что в пределах южной части шахтного поля рудника СКРУ-3 выделяются шесть антиклинальных складок 3-го порядка:

на 18-й панели в блоках 3 и 7; на 17-й панели в блоках 2, 3 и 4 и на 5-й панели в блоке 3. Антиклинальные складки 3-го порядка в условиях Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей являются опасными по газодинамическим явлениям. На основе структурно-тектонического анализа строения пласта АБ построена прогнозная карта зон, опасных по газодинамическим явлениям, для южной части шахтного поля рудника СКРУ-3. Всего в южной части шахтного поля рудника СКРУ-3 выделено три зоны, опасные по ГДЯ, которые расположены в блоках 3, 5 и 7 на западной части 18-й панели, в блоках 1, 2, 3 и 4 на 17-й панели, в блоке 4 на восточной части 15-й панели и в блоке 3 западной части 5-й панели. Для безопасного ведения горных работ в пределах выделенных зон, опасных по газодинамическим явлениям, отработку запасов пласта АБ рекомендуется производить в полуавтоматическом (дистанционном) режиме управления комбайном при нахождении машиниста комбайна на расстоянии не менее 20 м от комбайна.

Список литературы

1. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / Горн. ин-т Урал. отд-ния Рос. акад. наук. – Пермь, 2001. – 429 с.
2. Копнин В.И. Верхнекамское месторождение калийных, калийно-магниевых и каменных солей и природных рассолов // Изв. вузов. Горный журнал. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горн. ун-та, 1995. – № 6. – С. 10–43.
3. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей / Н.М. Джиноридзе [и др.]. – СПб., 2000. – 400 с.
4. Андрейко С.С., Калугин П.А., Щерба В.Я. Газодинамические явления в калийных рудниках: генезис, прогноз и управление. – Минск: Высш. шк., 2000. – 335 с.
5. Андрейко С.С., Щерба В.Я., Тухто А.А. Региональные способы управления выбросоопасностью в зонах расположения мульд и комбинированных геологических нарушений // Горная механика: науч.-техн. журн. – 2002. – № 1. – С. 81–89.
6. Андрейко С.С., Чистяков А.Н., Береснев С.П. Состояние и перспективы решения проблемы газодинамических явлений в калийных рудниках на Верхнекамском и Старобинском месторождениях калийных солей // Горная механика: науч.-техн. журн. – Солигорск, 2006. – № 2. – С. 66–72.
7. Предотвращение газодинамических явлений в почве выработанного пространства лав / С.С. Андрейко [и др.] // Горный журнал. – 2004. – № 2. – С. 45–48.
8. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестеров Е.А. Борьба с газодинамическими явлениями при разработке Верхнекамского и Старобинского месторождений калийных солей // Научные исследования и инновации. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – Т. 3, № 4. – С. 34–37.
9. Андрейко С.С., Нестеров Е.А. Варианты технологии дегазационных работ при отработке сильвинитовых пластов в условиях шахтных полей рудников ОАО «Сильвинит» // Горная механика и машиностроение: науч.-техн. журн. – 2010. – № 1. – С. 10–14.

10. Андрейко С.С., Иванов О.В., Нестерова С.Ю. Оценка эффективности щелевой разгрузки для предотвращения газодинамических явлений при механизированной добыче карналлита // Горная механика и машиностроение: науч.-техн. журн. – 2012. – № 3. – С. 5–14.
11. Eckart D. Beitrag zur Bekampfung plotzlicher Ausbruche von Salz und Gas // Bergakademie. – 1965. – № 17. – P. 759–760.
12. Шаманский Г.П., Гребенькова М.В. Зависимость газодинамических явлений от структуры и тектонических особенностей калийных месторождений // Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. – М., 1977. – С. 5–9.
13. Кудряшов А.И., Андрейко С.С. О природе очагов внезапных выбросов соли и газа // Изв. вузов. Горный журнал. – 1986. – № 2. – С. 10–13.
14. Андрейко С.С. Статистические критерии и результаты оценки закономерностей распределения газодинамических явлений на калийных месторождениях // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2003. – № 4. – С. 45–56.
15. Исследование механизма формирования опасных по газодинамическим явлениям зон в породах калийного горизонта / С.С. Андрейко [и др.] // Горный журнал. – 2010. – № 8. – С. 31–33.
16. Андрейко С.С. Механизм образования очагов газодинамических явлений в соляном породном массиве. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 196 с.
17. Прогнозирование выбросоопасных зон пластов при разведке и разработке Верхнекамского месторождения калийных солей / С.С. Андрейко [и др.] // Горный журнал. – 2008. – № 10. – С. 34–37.
18. Оценка возможности развития газодинамических явлений при ведении горных работ на III калийном горизонте Краснослободского рудника 2 РУ / С.С. Андрейко [и др.] // Горная механика и машиностроение: науч.-техн. журн. – 2012. – № 1. – С. 5–15.
19. Определение критической величины газового давления, способного вызвать газодинамические явления при разработке сильвинитового пласта / С.С. Андрейко [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горн. ун-та, 2013. – № 5. – С. 22–28.
20. Исследование газоопасности соляных пород 3-го калийного пласта на шахтном поле Краснослободского рудника / С.С. Андрейко [и др.] // Горный журнал. – 2013. – № 6. – С. 69–73.
21. Константинова С.А. Оптимизация параметров систем подготовки шахтных полей на калийных рудниках и ее геомеханическое обоснование // Горный журнал. – 1986. – № 8. – С. 18–23.
22. Константинова С.А., Мисников В.А., Кетиков В.Н. Об оптимальном расположении выработок в слоистом массиве // Горный журнал. – 1989. – № 10. – С. 36–38.
23. Константинова С.А. Методика расчета параметров анкерной крепи горных выработок // Горный журнал. – 1986. – № 8. – С. 43–45.

References

1. Kudriashov A.I. Verkhnekamskoe mestorozhdenie soli [Verkhnekamskoe salt deposit]. Perm': Gornyi institut Ural'skogo otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk, 2001. 429 p.
2. Kopnin V.I. Verkhnekamskoe mestorozhdenie kaliinykh, kaliino-magnievyykh i kamennykh soli i prirodnykh rassolov [Verkhnekamskoe deposit of potash, potassium and magnesium and rock salts and natural brines]. *Izvestiia vuzov. Gornyi zhurnal*, 1995, no. 6, pp. 10–43.
3. Dzhinoridze N.M. [et. al]. Petrotektonicheskie osnovy bezopasnoi ekspluatatsii Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliino-magnievyykh soli [Petrotektonicheskie basics of safe operation Verkhnekamsk potassium and magnesium salts]. St.-Peterburg, 2000. 400 p.
4. Andreiko S.S., Kalugin P.A., Shcherba V.Ia. Gazodinamicheskie iavleniia v kaliinykh rudnikakh: genesis, prognoz i upravlenie [Gasdynamic phenomena in potash mines: genesis, prognosis and management]. Minsk: Vysshiaia shkola, 2000. 335 p.
5. Andreiko S.S., Shcherba V.Ia., Tukhto A.A. Regional'nye sposoby upravleniia vybrosoopasnost'iu v zonakh raspolozheniia mul'd i kombinirovannykh geologicheskikh narushenii [Regional ways to manage of outburst hazard in the areas where the troughs and combined of geological disturbances]. *Gornaia mekhanika*, 2002, no.1, pp. 81–89.
6. Andreiko S.S., Chistiakov A.N., Beresnev S.P. Sostoianie i perspektivy resheniia problemy gazodinamicheskikh iavlenii v kaliinykh rudnikakh na Verkhnekamskom i Starobinskom mestorozhdeniiax kaliinykh soli [State and prospects solving the problem of gas-dynamic phenomena in the potash mines at Verkhnekamskom and Starobinskom deposits of potash salts]. *Gornaia mekhanika*, 2006, no. 2, pp. 66–72.

7. Andreiko S.S. [et. al]. Predotvrashchenie gazodinamicheskikh iavlenii v pochve vyrabotannogo prostranstva lav [Prevention of gas-dynamic phenomena in soil developed space lavas]. *Gornyi zhurnal*, 2004, no. 2, pp. 45–48.

8. Andreiko S.S., Ivanov O.V., Nesterov E.A. Bor'ba s gazodinamicheskimi iavleniiami pri razrabotke Verkhnekamskogo i Starobinskogo mestorozhdenii kaliinykh solei [Fighting with gas-dynamic phenomena when developing Verkhnekamskogo and Starobinskogo deposits of potash salts]. *Nauchnye issledovaniia i innovatsii*. Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2010, vol. 3, no. 4, pp. 34–37.

9. Andreiko S.S., Nesterov E.A. Varianty tekhnologii degazatsionnykh rabot pri otrabotke sil'vinitovykh plastov v usloviakh shakhtnykh polei rudnikov otkrytogo aktsionernogo obshchestva "Sil'vinit" [Versions of the technology decontamination works at working sil'vinitovykh layers conditions mine fields in mines LJS "Silvinit"]. *Gornaia mekhanika i mashinostroenie*, 2010, no. 1, pp. 10–14.

10. Andreiko S.S., Ivanov O.V., Nesterova S.Iu. Otsenka effektivnosti shchelevoi razgruzki dlia predotvrashcheniia gazodinamicheskikh iavlenii pri mekhanizirovannoi dobyche karnallita [Evaluating the effectiveness of the slit discharge to prevent of gas-dynamic phenomena in mechanized mining of carnallite]. *Gornaia mekhanika i mashinostroenie*, 2012, no. 3, pp. 5–14.

11. Eckart D. Beitrag zur Bekamp fungplotzlicher Ausbruche von Salz und Gas. *Bergakademie*, 1965, no. 17, pp. 759–760.

12. Shamanskii G.P., Greben'kova M.V. Zavisimost' gazodinamicheskikh iavlenii ot struktury i tektonicheskikh osobennosti kaliinykh mestorozhdenii [Dependence of gas-dynamic phenomena from the structure and tectonic features of the potash deposits]. *Tekhnika bezopasnosti, okhrana truda i gornospasatel'noe delo*. Moscow: Tsentral'nyi nauchno-issledovatel'skii institut ekonomiki i nauchno-tekhnicheskoi informatsii ugol'noi promyshlennosti, 1977, pp. 5–9.

13. Kudriashov A.I., Andreiko S.S. O prirode ochagov vnezapnykh vybrosov soli i gaza [On the nature of foci of sudden outbursts gas and salt]. *Izvestiia vuzov. Gornyi zhurnal*, 1986, no. 2, pp. 10–13.

14. Andreiko S.S. [et al.]. Statisticheskie kriterii i rezul'taty otsenki zakonomernosti raspredeleniia gazodinamicheskikh iavlenii na kaliinykh mestorozhdeniiakh [Statistical criteria and evaluations of patterns of distribution of gas-dynamic phenomena on potash deposits]. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2003, no. 4, pp. 45–56.

15. Andreiko S.S. [et al.]. Issledovanie mekhanizma formirovaniia opasnykh po gazodinamicheskim iavleniiam zon v porodakh kaliinogo gorizonta [Investigation of the mechanism of formation of hazardous gas-dynamic zones in rocks potash horizon]. *Gornyi zhurnal*, 2010, no. 8, pp. 31–33.

16. Andreiko S.S. [et al.]. Mekhanizm obrazovaniia ochagov gazodinamicheskikh iavlenii v solianom porodnom massive [The mechanism of formation of foci of gasdynamic phenomena in salt rock mass]. Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2008, 196 p.

17. Andreiko S.S. [et. al]. Prognozirovaniie vybrosoopasnykh zon plastov pri razvedke i razrabotke Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Predicting outburst zones layers during the exploration and development Verkhnekamskogo of potash deposits]. *Gornyi zhurnal*, 2008, no. 10, pp. 34–37.

18. Andreiko S.S. [et. al]. Otsenka vozmozhnosti razvitiia gazodinamicheskikh iavlenii pri vedenii gornykh rabot na III kaliinom gorizonte Krasnoslobodskogo rudnika 2 RU [Assessing the possibility of development of gas-dynamic phenomena during mining operations on III potash the horizon Krasnoslobodskogo mine 2 EN]. *Gornaia mekhanika i mashinostroenie*, 2012, no. 1, pp. 5–15.

19. Andreiko S.S. [et. al]. Opredelenie kriticheskoi velichiny gazovogo davleniia, sposobnogo vyzvat' gazodinamicheskii iavleniia pri razrabotke sil'vinitovogo plasta [Determination of the critical values of gas pressure capable cause a gasdynamic phenomena when developing sil'vinitovogo layer]. *Izvestiia vuzov. Gornyi zhurnal*, Ekaterinburg: Ural'skii gosudarstvennyi gornyi universitet, 2013, no. 5, pp. 22–28.

20. Andreiko S.S. [et. al]. Issledovanie gazonosnosti solianykh porod Tret'ego kaliinogo plasta na shakhtnom pole Krasnoslobodskogo rudnika [Investigation of the gas-bearing salt sawmills formation on Tret'ego potash mine field Krasnoslobodskogo mine]. *Gornyi zhurnal*, 2013, no. 6, pp. 69–73.

21. Konstantinova S.A. Optimizatsiia parametrov sistem podgotovki shakhtnykh polei na kaliinykh rudnikakh i ee geometricheskoe obosnovanie [Optimization of the parameters of systems preparation of mine fields of the potash mines and geomechanical study]. *Gornyi zhurnal*, 1986, no. 8, pp. 18–23.

22. Konstantinova S.A., Misnikov V.A., Ketikov V.N. Ob optimal'nom raspolozhenii vyrabotki v sloistom massive [About the optimal location develop to a layered array]. *Gornyi zhurnal*, 1989, no. 10, pp. 36–38.

23. Konstantinova S.A. Metodika rascheta parametrov ankernoii krepki gornykh vyrabotok [Method of calculating the parameters of roof bolting mine workings]. *Gornyi zhurnal*, 1986, no. 8, pp. 43–45.

Об авторах

Андрейко Сергей Семенович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29); 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) – Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: zvereva__elena@mail.ru).

About the authors

Andreiko Sergei Semenovich (Perm, Russia) – doctor of technical science, professor of exploitation of mineral deposits department of Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy ave., 29); 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 A; e-mail: ssa@mi-perm.ru).

Zvereva Elena Vladimirovna (Perm, Russia) – Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolskiy ave., 29; e-mail: e-mail: zvereva__elena@mail.ru).

Получено 15.06.2013