

УДК 622.257.15

EDN: BXVOOO

^{1,*}Полозов Ю. А., ¹Смекалин Е. С., ²Лазебник А. Ю.¹Донбасский государственный технический университет,²Антрацитовский институт геосистем и технологий ЛГУ им. В. Даля

*E-mail: uapolozov@mail.ru

ВОДОИЗОЛЯЦИЯ И УКРЕПЛЕНИЕ ЗОНЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШАХТНОГО СТВОЛА

В статье приведены результаты предпроектных проработок и технические решения по тампонажу опасной тектонической зоны смятия с целью водоизоляции и укрепления горных пород при проходке вертикального ствола «Клетевой» на Корбалихинском месторождении ОАО «Сибирь-полиметаллы». Научно обоснован выбор эффективных тампонажных растворов и способа выполнения тампонажных работ из забоя ствола.

Ключевые слова: рудник, шахтный ствол, тектоническое нарушение, тампонаж, тампонажные растворы.

Введение. Обеспечение безопасной проходки шахтных стволов имеет первостепенное значение для обеспечения доступа к подземным минеральным ресурсам и непрерывности горных работ.

Геологические неоднородности, особенно зоны тектонических нарушений, представляют собой значительные трудности при проходке стволов, включая неустойчивость горных пород, приток воды и потенциальные опасности для персонала и оборудования. Глубина ведения горных работ постоянно увеличивается из-за истощения запасов полезных ископаемых на малых глубинах, что повышает вероятность столкновения со значительными зонами тектонических нарушений и делает применение эффективных методов стабилизации все более важным этапом при строительстве подземных горных выработок [1–3].

Так, при вскрытии Корбалихинского месторождения полиметаллов предусмотрено сооружение вертикального ствола «Клетевой» глубиной 1300 м и диаметром в проходке 8,8 м. Абсолютная отметка земной поверхности в месте проходки ствола (+411,0 м). При проходке ствола предусмотрены специальные работы по укреплению и водоизоляции сильно трещиноватых пород на горизонтах: (–156,0 м), (–264,0 м), (–372,0 м); (–588,0 м) и (–710,0 м).

По результатам контрольного бурения стволовой скважины в зоне проходки Клетевой ствола в интервале 357,0–368,0 м выявлена мощная зона сильной трещиноватости горных пород. Устойчивость пород средняя, категория — II, коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова — 11.

В почве этой зоны в интервале 366,3–367,3 м зафиксирована тектоническая зона смятия, представленная серицитизированной глинисто-щебнистой массой.

Результаты горнопроходческих работ при сооружении вертикальных стволов, расположенных в районе проходки Клетевой ствола Корбалихинского месторождения, показали, что фактические водопритокки значительно превышают расчетные показатели (в 3–5 раз). В связи с этим возникали трудности в технологии проходки стволов [3].

Значения прогнозного водопритока в Клетевой ствол из зоны тектонического нарушения составляют от 18 м³/час до 30 м³/час.

В конкретной ситуации представляется целесообразным выполнить подавление водопритокков в зоне повышенной трещиноватости и укрепление раздробленных пород тектонической зоны смятия путем тампонирувания вмещающих пород методом нагнетания специальных растворов по

пробуренным через тампонажную подушку наклонно-направленным скважинам. В результате выполнения в рассматриваемом интервале вокруг ствола специальных работ будет сформирована гидроизоляционная завеса, способная выдержать гидростатический напор подземных вод и предупредить обрушение пород при проходке.

Актуальность работы. Актуальность данной работы определяется необходимостью выбора способа и технологии предварительного тампонажа мощной тектонической зоны из забоя ствола с целью водоизоляции и укрепления трещиноватых и раздробленных пород в интервале 357,0–368,0 м для предупреждения осложнений при проходке.

Анализ способов водоизоляции и укрепления трещиноватых раздробленных пород. Анализ способов водоизоляции и укрепления трещиноватых раздробленных пород из забоя ствола в зонах тектонических нарушений для угольных месторождений выполнен в работах [4–7].

Однако для горно-геологических и горнотехнических условий вскрытия Корбалихинского месторождения полиметаллов глубокими вертикальными шахтными стволами анализ не проводился.

Постановка задачи. Обоснование способа предварительного тампонажа трещиноватых раздробленных пород зоны крупного тектонического месторождения с использованием скважин, пробуренных из забоя ствола через предохранительную бетонную подушку с целью водоизоляции и укрепления вмещающих горных пород с применением эффективных глиноцементных растворов и аналитических методов расчета параметров изоляционных завес позволит выполнить работы с высокой эффективностью и надежностью.

Целью настоящей работы является обоснование целесообразности применения структурированных глиноцементных растворов, выбор и принятие способа предварительного тампонирувания трещиноватых раздробленных горных пород зо-

ны тектонического нарушения в интервале 357,0–368,0 м при сооружении Клетевого ствола на Корбалихинском месторождении полиметаллов.

Объект исследования — технология предварительного тампонажа трещиноватых раздробленных пород зоны тектонического нарушения через скважины, пробуренные из забоя шахтного ствола с использованием тампонажного оборудования, расположенного на поверхности земли.

Предмет исследования — методика расчета параметров изоляционной завесы вокруг шахтного ствола, технические решения по выбору схемы расположения тампонажных скважин, пробуренных из забоя ствола, и способа нагнетания растворов в проницаемую среду.

Задачи исследования:

- выделить в разрезе ствола конкретную тампонажную заходку в соответствии с горно-геологическими условиями месторождения и техническими характеристиками принятого проектом бурового оборудования;
- предусмотреть устройство изоляционных завес в выделенной заходке путем поочередного нагнетания тампонажного раствора в проницаемые зоны через пробуренные из забоя ствола скважины;
- предусмотреть бурение опережающей контрольной скважины для определения фактической водопроницаемости горных пород в данном интервале;
- рассчитать размеры изоляционной завесы вокруг вертикального ствола из протампонируемых пород в виде преграды на пути фильтрации подземных вод, способной выдержать гидростатический напор, снизить водопиток до величин, допускаемых нормативными документами, консолидировать и упрочнить раздробленные трещиноватые породы;
- предусмотреть использование в качестве тампонажного материала цементно-глинистых растворов плотностью 1545 кг/м³, содержащих в своем составе для повышения седиментационной устойчивости рас-

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

творя до 6,0 % бентонитовых или полиминеральных глин;

– применить для приготовления тампонажных растворов сульфатостойкий портландцемент М400 или М500, соответствующий кислотно-щелочному составу агрессивных подземных вод с высоким процентом ионов SO_4^{+2} .

Принятыми проектными решениями рекомендуется осуществлять приготовление тампонажного раствора на поверхности земли, а его нагнетание производить по высоконапорному трубопроводу, проложенному по стволу до забоя.

Нагнетание тампонажных растворов в скважины, оборудованными кондукторами с превенторами, предусмотреть по зажимной схеме заходками сверху вниз через кондуктор или с использованием механических пакерующих устройств.

Расстояние между тампонажными скважинами по окружности в забое ствола по данным графических построений принять равным 3,0 м, что обеспечит смыкание расчетных контуров распространения тампонажного раствора из соседних скважин.

Также необходимо предусмотреть контроль качества тампонажа и корректировку принятых решений в части технологических параметров нагнетания растворов.

Изложение материала и результаты. При бурении контрольно-разведочных скважин на шахтном стволе «Клетевой» были получены данные о литологическом составе пород вскрываемого месторождения, гидрогеологических условиях участка сооружения ствола и фильтрационных параметрах.

В геологическом разрезе отмечены зоны трещиноватых и раздробленных пород, потенциально опасных по притокам подземных вод в ствол, а также по обрушению пород при проходке и нарушению крепи ствола. Всего до глубины 1215 м выделена 41 опасная зона, из которых 6 — зоны дробления.

Зоны дробления и расслаивания пород залегают в интервалах 357,0–368,0 м, 456,0–466,0 м, 569,0–591,0 м, 1014,2–1022,0 м.

Геологический разрез и схема расположения тампонажных скважин в интервале 357,0–368,0 м приведены на рисунке 1.

Настоящие исследования по выбору технологии и параметров тампонажа трещиноватых и раздробленных пород, прилегающих к крупной тектонической зоне смятия в интервале 357,0–368,0 м, проводились согласно служебной записке геологической службы ООО «Шахтостроительное управление».

Основные технические решения данных исследований также могут быть использованы при пересечении шахтным стволом других опасных трещиноватых зон и зон дробления горных пород. При подходе забоя ствола к этим зонам необходимо проведение опережающего бурения разведочной скважины и только после этого — принятие решения о применении специальных способов проходки.

В конкретной ситуации, при проходке ствола «Клетевой», представляется целесообразным подавление водопритокков в зонах повышенной и сильной трещиноватости и укрепление раздробленных пород тектонической зоны смятия путем тампонирования вмещающих трещиноватых пород методом нагнетания в них специальных цементно-глинистых растворов. В результате вокруг ствола будет сформирована гидроизоляционная завеса, способная выдержать гидростатический напор подземных вод.

Исходными предпосылками по выбору специального способа проходки ствола «Клетевой» и зон трещиноватых и неустойчивых раздробленных пород являются:

– значительные ожидаемые водопритокки в ствол, достигающие 18–20 м³/час, в т. ч. из отдельных зон до 30 м³/час;

– наличие сильно трещиноватых и неустойчивых раздробленных горных пород, в т. ч. тектонической зоны смятия, заполненной серицитизированной глинисто-щебнистой массой в интервале 366,3–367,3 м;

– опыт проходки горных выработок через тектонические зоны показывает, что само тектоническое нарушение, как прави-

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

ло, заполнено глинисто-щебеночным материалом и является водонепроводимым. Значительная водопроницаемость, а следовательно, водоприитоки приурочены к трещиноватым, оперяющим нарушение, породам, что крайне важно для правильного по-

нимания проблемы и принятия решений по технологии тампонирования таких зон;

– ствол находится в проходке, на поверхности земли располагается необходимое технологическое оборудование, сооружение и здания.

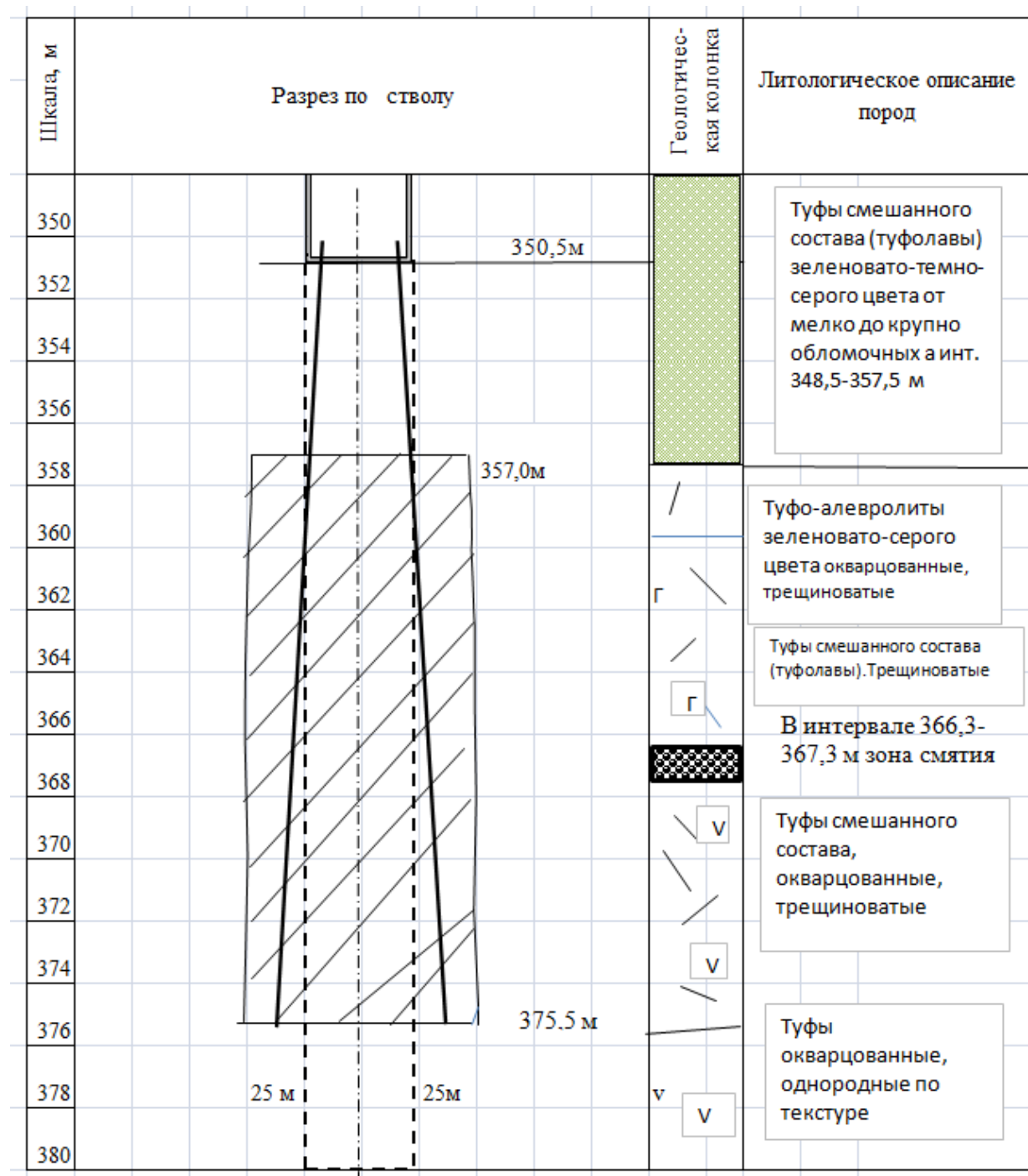


Рисунок 1 — Геологический разрез и схема расположения тампонажных скважин в интервале 357,0–368,0 м

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

С учетом этого, а также глубины опасной зоны возможны для рассмотрения два варианта водоподавления:

- предварительный тампонаж через скважины, пробуренные с земной поверхности;
- тампонаж через опережающие скважины, пробуренные из забоя ствола.

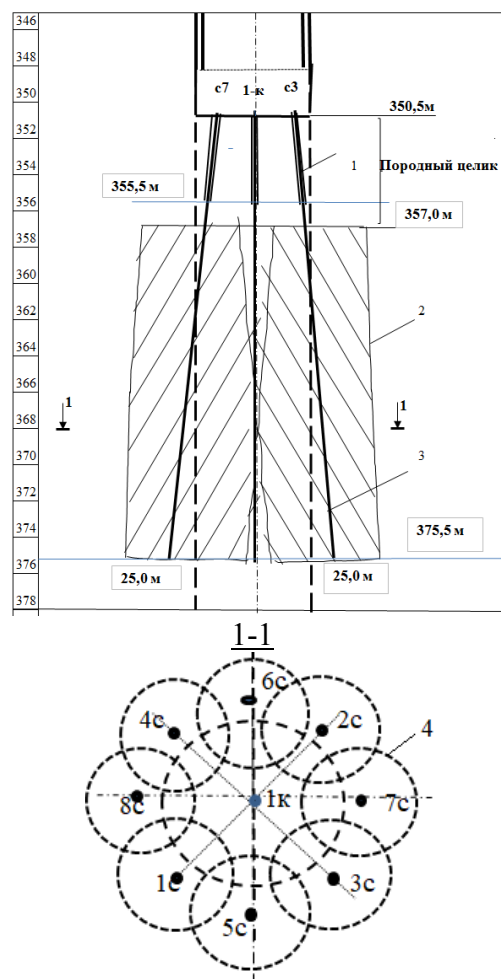
В конкретных горно-геологических условиях оптимальным является совмещенный вариант — приготовление раствора на поверхности и тампонаж из забоя, т. к. застроенность поверхности вокруг ствола и расположение технологического оборудования для проходки не позволят разместить буровое оборудование.

Характеристика основных технических решений по варианту тампонажа из забоя:

- величина заходки должна составлять не более 15–20 м, что соответствует техническим характеристикам выбранного оборудования для бурения из забоя ствола;
- отказ от сооружения в забое бетонных подушек и использование вместо них предохранительных породных целиков, под защитой которых будет выполняться бурение разведочных и тампонажных скважин, а также производиться нагнетание тампонажного раствора;
- нагнетание тампонажного раствора в скважины производить нисходящими заходками, что позволит консолидировать и укреплять раздробленные и сильно трещиноватые породы, тем самым обеспечив возможность безаварийного бурения тампонажной скважины до проектной глубины;
- тампонажное оборудование (цементационные насосы, промежуточные емкости) располагается на земной поверхности;
- оборудование для приготовления раствора (растворомешалки) размещаются на поверхности, вблизи устья ствола, а раствор на полку подается по высоконапорному трубопроводу, проложенному по стволу;
- нагнетание тампонажного раствора производится по специальному высоконапорному трубопроводу, опущенному от полка до забоя.

Учитывая наличие трещиноватых и раздробленных обводненных пород, изоляционную завесу предусматривается разместить с внешнего контура ствола. В забое ствола тампонажные скважины будут находиться в контуре сечения ствола «в проходке», как показано на рисунке 2.

При этом, расстояние от тампонажных скважин до стенок ствола в забое принимаем равным 1,0–1,5 м, что будет достаточным для размещения бурового оборудования.



1 — кондуктор тампонажной скважины; 2 — контур тампонажной завесы; 3 — тампонажная скважина; 4 — контур распространения тампонажного раствора из отдельной скважины; 1с-8с — номер и местоположение тампонажной скважины; 1к — контрольная скважина

Рисунок 2 — Схема формирования изоляционной завесы и зоны укрепления в интервале 357,0–368,0 м

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Эффективность создаваемой изоляционной завесы будет зависеть от ее мощности (толщины), для чего необходимо при нагнетании тампонажного раствора получить достаточные контуры распространения тампонажного раствора в трещиноватом массиве вокруг тампонажной скважины.

Бурение тампонажных скважин производится через зацементированные в предохранительном породном целике стальные трубы (кондуктора), с запорной арматурой для предупреждения внезапного прорыва подземных вод.

Разработка основных технических решений по тампонажу обводненных горных пород при проходке ствола «Клетевой» базируется на опыте научно-производственного объединения «Спецтампонажгеология» по подавлению водопритоков с использованием комплексного метода тампонажа обводненных горных трещиноватых пород, примененного при сооружении более чем 120 глубоких вертикальных стволов шахт в Донском бассейне, а также при строительстве и реконструкции целого ряда объектов горнорудной промышленности в России и за рубежом [4–7].

Параметры формирования гидроизоляционной завесы. Руководствуясь конкретными горно-геологическими, гидрогеологическими и гидрохимическими

условиями Корбалихинского месторождения, для водоподавления методом тампонирувания на стволе «Клетевой» оптимальным можно считать применение цементных тампонажных растворов с добавками глинопорошков (бентонита и т. д.). Тампонажные растворы представляют собой высококонсистентные стабильные системы на водной основе, в состав которых входят глина, вода затворения и в качестве вяжущего — цемент. Содержание цемента не менее 50 %. Высокие технологические свойства таких цементных растворов позволяют тампонировать трещины с раскрытием от 0,2 мм и более. Глинистые добавки в растворы обеспечивают им хорошие водоизоляционные свойства, повышают седиментационную устойчивость в процессе их приготовления и нагнетания.

В качестве тампонажных растворов для изоляции и консолидации обводненных неустойчивых пород необходимо применять при проходке ствола соответственно цементно-глинистые растворы [8–11].

Свойства тампонажных растворов приведены в таблице 1.

Подземные воды месторождения в результате окисления сульфидов и накопления SO_4 существенно повышают агрессивность по отношению к бетону, что требует применения сульфатостойких марок цемента.

Таблица 1

Характеристика типового глиноцементного тампонажного раствора

№ п.п	Тип тампонажного раствора	Плотность, кг/м ³	Предел прочности цементного камня на сжатие, МПа			Сроки схватывания, час-мин		Допустимое напряжение сдвига, τ_0 , Па
			3 суток	7 суток	28 суток	начало	конец	
1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Цементно-глинистый В/Ц = 1/1 при добавках глинистого порошка 6 %	1545	7,7	9,8	13,7	8-00	30-00	50-66
2	Цементный В/Ц = 1/0,6	1750	18,0	24,0	25,0	4-00	15-00	28

Примечание: в качестве основного тампонажного раствора рекомендуется цементно-глинистый раствор с добавками бентонита.

Расчет параметров формирования изоляционной завесы. Необходимые размеры гидроизоляционной завесы (зоны тампонирующего) вокруг ствола определяются по уравнению

$$R = \frac{\alpha \cdot \delta_{\max} \cdot P_k}{2 \cdot [P_m]} + r_c, \text{ м}, \quad (1)$$

где R — размер гидроизоляционной завесы вокруг ствола, м;

α — коэффициент запаса прочности гидроизоляционной завесы составляет (2–4);

$\delta_{\max}$ — максимальное раскрытие трещин, м;

P_k — напор подземных вод, МПа;

$[P_m]$ — допустимая пластическая прочность тампонажного раствора, МПа,

r_c — радиус ствола в проходке, м.

Расчетный радиус изоляционной завесы вокруг ствола для трещин с возможным максимальным раскрытием 0,01 м и напором подземных вод 3,45 МПа для интервала тампонирующего 350,0–375,0 м составит 10,8 м.

Необходимое количество точек нагнетания (скважин) для формирования изоляционной завесы в заходке или конкретном водопроницаемом интервале определяется графическим путем, исходя из общих размеров завесы вокруг ствола и контура распространения тампонажного раствора из отдельной скважины, как показано на рисунке 2. При этом учитываются допустимые отклонения профилей тампонажных скважин с целью гарантированного перекрытия расчетной изоляционной завесы вокруг ствола контурами распространения тампонажного раствора из отдельных скважин.

Необходимый расчетный радиус распространения цементно-глинистого раствора в каждой из выделенных заходов, по данным графических построений (рис. 2), составляет 3,0 м.

При этом оптимальным количеством тампонажных скважин является 8, равномерно размещенных по периметру шахтного ствола. Опережающая разведочная скважина бурится в свободной зоне центральной части забоя.

Объем тампонажного раствора, необходимый для нагнетания в каждую из скважин, рассчитывается по формуле

$$V_{m.p.} = \pi \cdot r^2 \cdot M \cdot m_t, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где $V_{m.p.}$ — объем тампонажного раствора, нагнетаемый в скважину, м³;

r — расчетный радиус распространения тампонажного раствора в массиве пород, м;

M — мощность проницаемых пород в каждой заходке (или в зоне тампонажа), м;

m_t — скважность (трещинная пустотность) горных пород, дол. ед.

Объемы тампонажного раствора, закачиваемого в проницаемые горизонты вокруг тектонической зоны смятия, рассчитанные по предложенной методике, приведены в таблице 2. Общий объем тампонажного раствора, необходимый для нагнетания:

$$V = V_{m.p.} \cdot n, \quad (3)$$

где n — количество тампонажных скважин.

Результаты расчетов необходимых объемов нагнетания тампонажного раствора по всем заходкам ствола приведены в таблице 2.

Объемы нагнетания тампонажного раствора по каждой скважине подлежат корректировке в процессе производства после бурения опережающей разведочной скважины и по результатам фактического выполнения работ в заходке.

Рабочее давление нагнетания на насосе, расположенном на полке, характеризующее достижение расчетной величины контура распространения тампонажного раствора из отдельной скважины, определяется по уравнению

$$P_n = \Delta P_0 + \Delta P_{mp} + P_k + P_c, \quad (4)$$

где P_n — рабочее давление нагнетания, МПа;

ΔP_0 — перепад давления на преодоление гидравлического сопротивления в трещинах водопроницаемой зоны, МПа;

ΔP_{mp} — потери напора при течении тампонажного раствора в нагнетательном трубопроводе и скважине, МПа;

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

P_k — гидростатический напор подземных вод для каждого водоносного горизонта, МПа;

P_z — гидростатическое давление столба тампонажного раствора в нагнетательной линии и скважине, МПа.

Потери напора в нагнетательном трубопроводе с внутренним диаметром 38 мм от уровня полка до устья скважины (в забое) рассчитывается по удельным потерям напора на 100 п. м. труб. Для бурильных труб Ø50 мм муфтового соединения, имеющих внутренний диаметр 38 мм, и резинового шланга высокого давления с таким же внутренним диаметром удельные потери напора определяются по [12, табл. 4]. Для цементно-глинистого раствора с плотностью 1545 кг/м³ и $\tau_0 = 0,066 \cdot 10^{-3}$ МПа при расходе 2,5 л/с удельные потери напора в нагнетательном трубопроводе составляют 1,08 МПа на 100 п. м. труб.

Исходя из этого, при расстоянии от забоя до проходческого полка, равном 10 м, потери напора раствора в нагнетательной линии составят 0,11 МПа.

Результаты расчетов рабочего давления нагнетания на насосе, расположенном на проходческом полке на отметке 340 м, обеспечивающего достижение расчетных контуров распространения тампонажного раствора, приведены в таблице 3.

Потери давления тампонажного раствора по преодолению гидравлического сопротивления при распространении в трещиноватых породах определяются из выражения

$$\Delta P = \frac{2\tau \cdot r}{\delta_{1-1}}, \quad (5)$$

где δ_{1-1} — раскрытие тампонируемых трещин, м;

ΔP — допустимый перепад давлений на преодоление гидравлического сопротивления при течении тампонажного раствора в массиве, МПа;

r — радиус распространения раствора вокруг тампонажной скважины, м;

τ — динамическое напряжение сдвига тампонажного раствора.

Таблица 2

Объемы нагнетания раствора по стволу в зоне тектонического нарушения

№ п. п.	Интервал тампонирувания, м	Интервалы заходок	Приведенная мощность, м	Радиус завесы из одной скважины, м	Скважность, %	Объем нагнетания раствора в одну скважину, м ³	Количество скважин	Общий объем раствора, м ³
1	357,0–375,5	357,0–366,3	9,7	3,0	0,5	1,40	9	12,6
		367,3–375,5	8,2	3,0	0,5	1,20	9	10,8
2	Итого					2,6		23,4

Таблица 3

Расчетные данные давлений нагнетания на забое ствола «Клетевой»

№ п. п.	Интервал тампонажных заходок	Перепад давления в трещинах ΔP , МПа	Гидростатический напор подземных вод, P_k , МПа	Потери напора в нагнетательном трубопроводе и скважине, $\Delta P_{тр}$, МПа	Гидростатическое давление столба тампонажного раствора в нагнетательном трубопроводе, $P_{г2}$, МПа	Расчетное давление нагнетания, P_n , МПа
1	357,0–366,3	1,98	3,38	0,11	0,40	5,0
2	367,3–375,5	1,98	3,47	0,11	0,54	5,0

Исходные данные для расчетов:

δ_{1-1} — минимальное раскрытие трещин, исходя из проникающей способности тампонажного раствора, принимаем равным $2 \cdot 10^{-3}$ м;

τ_0 — динамическое напряжение сдвига тампонажного раствора, МПа. Принимаем $\tau_0 = 0,066 \cdot 10^{-3}$ МПа для цементно-глинистого раствора плотностью 1545 кг/м^3 [12].

Рабочее давление нагнетания, рассчитанное по приведенной методике, должно соответствовать техническим характеристикам насоса для нагнетания тампонажного раствора.

Выводы и направление дальнейших исследований. Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Водоизоляцию и укрепление трещиноватых и раздробленных пород зоны тектонического нарушения при проходке

ствола «Клетевой» на Корбалихинском месторождении полиметаллов целесообразно выполнить способом предварительного тампонажа через скважины, пробуренные из забоя ствола через предохранительный целик расчетной мощности. Нагнетание тампонажного раствора в проницаемую зону следует производить по высоконапорному трубопроводу, проложенному по шахтному стволу, тампонажное оборудование расположить на дневной поверхности около шахтного ствола.

2. Предлагаемая технология предварительного тампонажа трещиноватых пород может быть использована для других тектонических зон, выявленных в процессе бурения опережающих контрольно-разведочных скважин при строительстве шахтного ствола, что позволит исключить осложнения и аварийные ситуации при проходке.

Список источников

1. СП 103.13330.2012. *Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод. Актуализированная редакция СНиП 2.06.14-85* / Минрегион России. М. : ФАУ «ФЦС» ; ООО «Аналитик», 2012. 70 с.
2. СП 116.13330.2012. *Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003*. URL: <http://minstroyrf.gov.ru/docs/1906/>.
3. *Технические предложения на выполнение комплекса укрепительных и гидроизоляционных работ при проходке вертикального ствола «Клетевой» на Корбалихинском месторождении ОАО «Сибирь-полиметаллы»*. Ростов н/Д : НТЦ «Наука и Практика», 2016. 24 с.
4. *Комплексный метод тампонажа строительстве шахт* / Э. Я. Купко [и др.]. М. : Недра, 1984. 243 с.
5. *Тампонаж обводненных горных пород : справочное пособие* / Э. Я. Купко, О. Ю. Лушников, Ю. А. Полозов [и др.]. М. : Недра, 1989. 318 с.
6. Палейчук Н. Н., Шарко А. А., Лазебник А. Ю. *Основы горно-строительного производства : учебное пособие*. Луганск : Ноулидж, 2022. 250 с.
7. Полозов Ю. А., Лазебник А. Ю., Смекалин Е. С. *Обоснование технических решений и выбор способа ликвидации аварийной горной выработки* // *Наукоемкие технологии и оборудование в промышленности и строительстве*. 2025. Вып. 7 (81). С. 19–28. EDN GJZXJM
8. *Ликвидация водопроявлений при строительстве и эксплуатации тоннельных и притоннельных сооружений* / И. Я. Харченко, А. И. Панченко, В. А. Алексеев, А. И. Харченко // *Жилищное строительство*. 2018. № 9. С. 24–29. EDN SAFORZ
9. Полозов Ю. А., Бизянов Е. Е., Лазебник А. Ю. *Ликвидация последствий техногенной катастрофы в районе провала земной поверхности на калийном руднике* / *Сборник научных трудов ДонГТИ*. 2021. Вып. 23 (66). С. 5–12. EDN FIZKPH
10. *Method to Evaluate Lost Circulation Materials — Investigation of Effective Wellbore Strengthening Applications* / S. Savari, L. D. Whitfill, E. D. Jamison, A. A. Kumar // *IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition*, 4-6 March 2014, Fort Worth, Texas, USA. Paper Number: SPE-167977-MS. 7 p. DOI: 10.2118/167977-MS

11. Greenwood J. A., Dautel M. R., Russell R. B. The Use of LWD Data for the Prediction and Determination of Formation Pore Pressure // Asia Pacific Oil and Gas Conference & Exhibition, 4–6 August 2009, Jakarta, Indonesia. Paper Number: SPE-124012-MS. 11 p. DOI: 10.2118/124012-MS

12. Временная инструкция по тампонажу трещиноватых горных пород комплексным методом / МУП СССР. Ворошиловград, 1978. 88 с.

© Полозов Ю. А., Смекалин Е. С., 2025

© Лазебник А. Ю., 2025

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. СГ АИГиТ ЛГУ им. В. Даля Должиковым П. Н.
к.т.н., доц. каф. ГиБП ДонГТУ Леоновым А. А.**

Статья поступила в редакцию 21.05.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Полозов Юрий Аркадьевич, д-р техн. наук, профессор каф. геотехнологий и безопасности производств

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: uapolozov@mail.ru

Смекалин Евгений Сергеевич, канд. техн. наук, доцент каф. геотехнологий и безопасности производств

Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Лазебник Александр Юрьевич, старший преподаватель каф. строительства и геоконтроля
Антрацитовский институт геосистем и технологий ЛГУ им. В. Даля,
г. Антрацит, Россия

***Polozov Yu. A., Smekalin Ye. S.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: uapolozov@mail.ru), **Lazebnik A. Yu.** (Anthracite Institute of Geosystems and Technologies of LSU named after V. Dahl, Antracite, Russia)

WATERPROOFING AND STRENGTHENING THE TECTONIC DISTURBANCE ZONE DURING SINKING OF A VERTICAL MINE SHAFT

The article presents the results of prior design preparations and technical solutions for grouting a dangerous tectonic crushing zone in order to waterproof rock reinforcement during sinking of a vertical shaft “Kletevoy” at the Korbalikhinsky deposit of OAO “Sibir-Polymetals”. There has been scientifically grounded the choice of the effective grouting solutions and the method to perform grouting operations from the shaft foot.

Key words: ore mine, mine shaft, tectonic disturbance, grouting, grouting solutions.

References

1. SP 103.13330.2012. Protection of mine workings from underground and surface waters. Updated edition of SNiP 2.06.14-85 / Minregion of Russia. M. : FAI “FCS” ; ООО “Analitik”, 2012. 70 p.

2. SP 116.13330.2012. Engineering protection of territories, buildings and structures from dangerous geological processes. Basic provisions. Updated edition of SNiP 22-02-2003. URL: <http://minstroyrf.gov.ru/docs/1906/>.

3. Technical proposals for the implementation of a complex of strengthening and waterproofing works during sinking of a vertical shaft “Kletevoy” at the Korbalikhinsky deposit of OAO “Sibir-Polymetals”. [Tekhnicheskie predlozheniya na vypolnenie kompleksa ukrepiteľnyh i gidroizolyacionnyh

НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

rabot pri prohodke vertikal'nogo stvola «Kletevoj» na Korbalihinskom mestorozhdenii OAO «Sibir'-polimetally». ООО «NTC «Nauka i Praktika». J. Rostov-on-Don : NTC "Science and Practice", 2016. 24 p.

4. Kipko E. Ya. [et al.]. *Complex method of grouting in the construction of mines [Kompleksnyj metod tamponazha stroitel'stve shaht]*. M. : Nedra, 1984. 243 p.

5. Kipko E. Ya., Lushnikova O. Yu., Polozov Yu. A. [et al.]. *Grouting of flooded rocks : a reference manual [Tamponazh obvodnennyh gornyh porod : spravochnoe posobie]*. M. : Nedra, 1989. 318 p.

6. Paliychuk N. N., Sharko A. A., Lazebnik A. Yu., Paliychuk N. N. *Fundamentals of mining and construction production : textbook [Osnovy gorno-stroitel'nogo proizvodstva : uchebnoe posobie]*. Lugansk : Noulidzh, 2022. 250 p.

7. Polozov Yu. A., Lazebnik A. Yu., Smekalin E. S. *Justification of technical solutions and the choice of a method for the elimination of emergency mining [Obosnovanie tekhnicheskikh reshenij i vybor sposoba likvidacii avarijnoj gornoj vyrabotki]*. Knowledge-intensive technologies and equipment in industry and building. 2025. Iss. 7 (81). Pp. 19–28. EDN GJZXJM

8. Kharchenko I.Ya., Panchenko A. I., Alekseev V. A., Kharchenko A. I. *Elimination of water occurrences during the construction and operation of tunnel and tunnel structures [Likvidaciya vodoproyavlenij pri stroitel'stve i ekspluatácii tonnel'nyh i pritonnel'nyh sooruzhenij]*. Housing construction. 2018. No. 9. Pp. 24–29. EDN SAFORZ

9. Polozov Yu.A., Bizyanov E. E., Lazebnik A.Yu., *Elimination of the consequences of a man-made disaster in the area of the sinkhole of the earth's surface at the potash mine [Likvidaciya posledstvij tekhnogennoj katastrofy v rajone provala zemnoj poverhnosti na kalijnom rudnike]*. Collection of Scientific Papers of DonSTI. 2021. Vol. 23 (66). Pp. 5–12.

10. Savari S., Whitfill L. D., Jamison E. D., Kumar A. A. *Method to Evaluate Lost Circulation Materials — Investigation of Effective Wellbore Strengthening Applications. IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition, 4–6 March, 2014, Fort Worth, Texas, USA. 2014. Paper Number: SPE-167977-MS. 7 p. DOI: 10.2118/167977-MS*

11. Greenwood J. A., Dautel M. R., Russell R. B. *The Use of LWD Data for the Prediction and Determination of Formation Pore Pressure. Asia Pacific Oil and Gas Conference & Exhibition, 4–6 August, 2009, Jakarta, Indonesia. Paper Number: SPE-124012-MS. 11 p. DOI: 10.2118/124012-MS*

12. *Temporary instructions for grouting fractured rocks by a complex method [Vremennaya instrukciya po tamponazhu treshchinovatyh gornyh porod kompleksnym metodom]*. Municipal Unitary Enterprise of the USSR. Voroshilovgrad, 1978. 88 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Polozov Yuri Arkadievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geotechnology and Industrial Safety
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: uapolozov@mail.ru

Smekalin Yevgeniy Sergeyevich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Geotechnology and Industrial Safety
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Lazebnik Aleksandr Yurievich, Senior Lecturer of the Department of Building and Geocontrol
Anthracite Institute of Geosystems and Technologies of Lugansk State University named after V. Dahl
Anthracite, Russia