

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК.622.224: 622.271.7: 624.138.3

**УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ
ПОДГОТОВКИ ИСКУССТВЕННЫХ СУШЕНЦОВЫХ ПОЛЕЙ**

Коростовенко В.В., д.т.н., профессор, Морозова Н.В.,
старший преподаватель, к.т.н., Гронь В.А., к.т.н., доцент

Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск

В многолетнемерзлых пористых торфах (породах) при разработке россыпных месторождений, одним из факторов, определяющим силы сцепления отдельных частиц грунта является наличие в них льда-цемента. По этой причине наибольшую прочность имеют торфа, поры которых полностью заполнены льдом. При снижении влажности мерзлых пород от 5 до 3 % наблюдается особенно резкое снижение их прочности (под влажностью понимается отношение массы влаги к массе сухой породы). Если влажность торфов не превышает некоторое критическое значение, то после промерзания они остаются сыпучими и легко разрабатываются любой землеройной техникой без предварительного рыхления, как в талом, так и в мерзлом состояниях. Критическая влажность песчаных пород составляет около 3,5 % [1]. Породы, подготовленные таким образом, называются искусственными сушеными. Сушенцы также могут иметь и природное происхождение.

Природные сушенцовые зоны, как правило, приурочены к русловой фации аллювиальных отложений. Причем до начала отрицательных температур на таких отложениях существовали хорошие условия для их дренирования. Другим фактором, снижающим возможность создания искусственных сушенцовых зон, является проницаемость торфов, связанная с содержанием глинистых минералов. Максимальное содержание глины в торфах не должно превышать 5 % [1].

Технология подготовки искусственных сушенцов состоит из двух основных операций: оттаивания мерзлых торфов (обычно фильтрационно-дренажным способом или с помощью буровых скважин) и уменьшения влажности отложений до критической величины при помощи дренирования оттаянного массива. После этого торфа готовы к круглогодичной разработке. Реализация фильтрационно-дренажного способа оттаивания и процесс создания искусственных сушенцов предъявляют сходные требования к составу и гидрофизическими свойствам торфов. Фильтрационно-дренажный способ гидравлического оттаивания отличается от иглового в основном тем, что искусственно пи-

таемый фильтрационный поток движется не вертикально вверх, а горизонтально, по напластованиям, под влиянием уклона свободного уровня. Длина путей горизонтальной фильтрации от места питания до выхода воды в дренирующую горную выработку или скважину может составлять 20 – 80 м. Это расстояние назначается в зависимости от заданной конечной глубины оттаивания, фильтрационных свойств пород и допустимой продолжительности работ. Меньшее расстояние обеспечивает более интенсивное оттаивание. На россыпных месторождениях этот способ позволяет оттаивать слои мерзлых галечников или щебня, гравия, песка, неразделенные слабопроницаемыми прослойками (глины, суглинки или супеси), если характеристика водопроницаемости пород толщи удовлетворяет следующим нормам [1]:

средневзвешенный (по вертикали) коэффициент фильтрации (в талом состоянии) не менее 40 м/сутки;

минимальный коэффициент фильтрации (в талом состоянии) отдельных слоев толщи не менее 10 м/сутки;

мощность пласта непроницаемых глинистых пород, залегающего под галечниками, в основании разреза, не более 2 м.

на наклонных участках, где средний уклон фильтрационного потока составляет от 0,01 до 0,025, такой способ дает удовлетворительные результаты в породах со средним коэффициентом фильтрации 20 м/сутки.

Для исследования возможности расширения области применения этого способа были проведены лабораторные и позднее опытно-промышленные исследования по подготовке искусственных сушенцов с содержанием глины в торфах до 15 %. Идеей работы явился способ подготовки сушенцовых зон с предварительной фильтрацией в массиве россыпи активированного раствора реагента (APP) [2]. В качестве фильтрующейся жидкости (реагента) применяли хлорное железо. Исследования влияния температуры на проницаемость глин проводились на естественных каолиновых, монтмориллонитовых и слюдистых глинах и их разностях с использованием дистиллированной воды и раствора хлорного железа различной концентрации. Продолжительность температурной активации составляла от 30 мин. до 1 сут. при нагреве реагента до 60-80⁰С.

. Перед повышением температур образцы выдерживались при заданном давлении гидрообжима в течение 5 сут в специальных пресс формах (конечное давление находилось в пределах 0,5- 1,2 МПа). Для исключения влияния температурного гистерезиса образцы вначале подвергались многократным нагревам и охлаждениям. За исходные значения проницаемости (при комнатной температуре) принимались их постоянные значения, не изменяющиеся после очередного цикла нагрев – охлаждение. При последующем нагреве реагента на каждой температурной точке (60⁰,70⁰,80⁰) образец выдерживался в течение 1 сут. Содержание глины изменялось от 3 до 15 %

При оценке различных способов обработки торфов активированным раствором реагента (APP) при подготовке искусственных сушенцов учитывается содержание глинистого цемента в массиве россыпи, которое обуславливает фильтрацию несжимаемой жидкости. Преимущественное значение в изменении

фильтрационной способности глин имеет слой рыхлосвязной воды, или диффузный слой, который и определяет возможность проницаемости глины. Образование диффузного слоя в значительной степени обусловлено гидратацией глинистых частиц у их поверхности в результате поверхностной диссоциации глинистых минералов в водной среде. Критерием диссоциации глинистых минералов является активность (A) или активная концентрация обменных катионов в воде в конкретных условиях системы глина-вода-ионы. Степень поверхностной диссоциации (α) глинистых минералов показывает отношение активности обменных катионов к общему их количеству на поверхности глинистых минералов, т.е. к емкости обмена (E). Следовательно, $A = \alpha \cdot E$. Чем больше концентрация катионов воде, тем значительнее диффузный слой и тем меньше фильтрация в глинах. Анализ эффективности способов обработки пород APP показывает, что снижение фильтрации глинистых торфов вызывает необходимость применения способов более сложных в технологическом и организационном отношении [1].

Таким образом, при проведении расчетов по отдельным процессам вполне обосновано использовать показатели, определяемые при совместном учете свойств глинистых торфов. Эта идея реализована автором применительно к выбору способа обработки торфов активированным раствором реагента по величине коэффициента фильтрации K_f .

Коэффициент фильтрации является комплексным параметром, отражающим как свойства породы (через коэффициент проницаемости K_p), так и свойства фильтрующегося активированного раствора реагента (через его плотность и вязкость).

Закономерность изменения коэффициента фильтрации от содержания глины в массиве россыпи может служить основанием для определения необходимой продолжительности контакта реагента с породами.

С увеличением глины в торфах до 360 % уменьшаются коэффициент фильтрации с 10 до 0,2 м/сут и коэффициент проницаемости до 0,34 мкм². С учетом этого очевидно, что при $K_f < 10$ м/сут необходимо использовать способы обработки торфов, позволяющие сократить фильтрационный путь активированного раствора реагента в массиве россыпи, например, с использованием буровых скважин или фильтрационно-дренажные способы.

Коэффициент фильтрации K_f учитывает содержание глины в массиве россыпи и, что самое главное, через коэффициент проницаемости – величину диффузного слоя. Вследствие этого показатель K_f дает возможность объективно оценивать массив россыпи по трудности подготовки сущенцовых зон и может быть принят в качестве отличительного признака. Поскольку каждому интервалу значений K_f соответствует свой способ введения реагента в россыпь, определяющий основные параметры технологии подготовки искусственных сущенцов, то предлагаемое регламентирование условий применения может служить основанием для выбора способа (табл.1). По расчетам коэффициентов фильтрации можно определить продолжительность обработки полигонов с учетом мощности торфов. Продолжительность фильтрации активированного раствора реагента через массив торфов, находим из предпосылки о том, что режим

фильтрации стационарный, а градиент потока одинаковый по всей площади полигона. Тогда общее время обработки торфов реагентом при плановой уставившейся фильтрации составит [2].

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Таблица 1 – Классификация способов подготовки сушенцовых зон в слабопроницаемых торфах

Регион расположения россыпного месторождения	Тип глин по минералогическому составу (крупность -0,074)	Содержание глины %	Коэффициент фильтрации активированного раствора реагента, м/сут	Расход реагента, г/м ³	Мощность россыпи, м	Продолжительность обработки торфов реагентом (в сут) при различных способах введения реагента		
						Затопление полигона раствором активированного реагента	Гидроиглами с последующей оттайкой с помощью дренажных выработок	Фильтрационно-дренажный
Западная и Центральной Сибирь	Монтмориллонит и гидрослюдя	3- 5	45-35	130	до 6	65	-	60
					6-8	-	70	80
		5-10	35-20	175	до 6	75	55	60
					6-8	-	80	110
		10-15	20-10	260	до 6	110	70	80
					6-8	-	160	180
Северные районы Саха-Якутия, Магаданская область	Монтмориллонит, гидрослюдя и коалинит	до 5	45-56	80	-	40	-	-

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

$$T_{p.o} = T_\phi + T_o, \quad (1)$$

где T_o – оптимальная продолжительность обработки $T_o = 45-50$ суток; T_ϕ – продолжительность фильтрации активированного раствора реагента в массиве россыпи, сут.

Принимая во внимание, что содержание глины в торфах может составлять 15 %, к подготовке искусственных сушенцов необходимо приступать только при положительных результатах приближенных расчетов времени понижения фреатической поверхности. К дренированию пород приступают только после получения необходимой водопроницаемости торфов перед наступлением отрицательных температур воздуха.

Для выбора способа введения APP в массив россыпи необходима достоверная информация о распределении глины в массиве россыпи.

По величине K_ϕ подбирается несколько наиболее приемлемых способов обработки торфов. Затем производится разделение месторождения на участки по способам обработки. На последнем этапе производится экономическое обоснование целесообразности проведенного разделения.

Таким образом, закономерность изменения коэффициента фильтрации от содержания глины в массиве россыпи может служить основанием для определения необходимой продолжительности контакта активированного раствора реагента с торфами и в конечном итоге для реализации технологии подготовки искусственных сушенцов.

Список литературы:

1. Морозов В.Н., Морозова Е.Л., Морозова Н.В. Создание искусственных сушенцовых зон на основе повышения эффективности фильтрационно-дренажного оттаивания. / В кн.: Современные технологии освоения минеральных ресурсов. / Сб. материалов 7-ой международной научно-технической конференции, 2009, Ч. 1. – Красноярск: СФУ, с. 292-296
2. Морозов В.Н., Егорова Е.Л., Морозова Н.В. О применении метода конформных преобразований для расчета параметров технологии искусственных сушенцов. / Журнал Сибирского Федерального университета/ Техника и технологии. Красноярск: СФУ.-2010, №3(4), С. 396-405.