УДК 622.33 + 658.562 + 622.648

Захарова Анна Павловна, студент
Научный руководитель: Тюленева Татьяна Александровна, к.э.н., доцент
(КузГТУ, г. Кемерово)

Anna P. Zakharova, student
Scientific supervisor: Tatyana A. Tyuleneva, c.e.s., docent
(KuzSTU, Kemerovo)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОНИЖЕНИЯ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER-REDUCING TECHNOLOGIES IN COAL MINING OPERATIONS

Выполнен сравнительный анализ технологий водопонижения на угольных разрезах. Разработана классификация методов осушения по принципу действия. Представлен качественный анализ практики водопонижения на разрезах Кузбасса. Приведены рекомендации по выбору оптимальной технологии с учетом гидрогеологических и экологических факторов.

A comparative analysis of water drainage technologies at coal mines has been carried out. A classification of drainage methods based on their operating principle has been developed. A qualitative analysis of water drainage practices at Kuzbass mines is presented. Recommendations for selecting the optimal technology, taking into account hydrogeological and environmental factors, are provided.

Обводненность горных пород является одним из наиболее существенных факторов, осложняющих ведение открытых горных работ и определяющих их технико-экономические показатели. Для Кузбасса, где сосредоточена значительная доля общероссийской добычи угля открытым способом, проблема водопонижения приобретает особое значение.

Для систематизации сравнительного анализа технологий водопонижения на угольных разрезах рассмотрим классификацию методов по принципу действия, представленную в таблице 1 [1-3].

Таблица 1 – Классификация технологий водопонижения на угольных разрезах

Группа технологий	Методы	Принцип действия	Область эффективного применения
Открытое водопонижение	Водоотводные и водопонижающие канавы, траншеи, нагорные каналы	Гравитационный отвод поверхностных и грунтовых вод	Неглубокое залегание водоносного горизонта; низкий коэффициент фильтрации пород
Закрытый дренаж	Трубчатый, гончарный, галерейный дренаж	Отвод воды через перфорированные трубы или галереи	Песчано-гравийные и трещиноватые породы; средняя глубина залегания
Глубинное водопонижение	Водопонизительные скважины с насосами	Принудительная откачка воды из водоносных горизонтов	Значительная глубина залегания водоносных горизонтов; высокие водопритоки
Иглофильтровые установки	Линейные и кольцевые иглофильтры	Вакуумное отсасывание воды через перфорированные наконечники	Мелкозернистые пески, супеси; малая и средняя глубина
Электроосмотическое водопонижение	Применение постоянного электрического тока	Перемещение воды в грунтах под действием электрического поля	Глинистые и суглинистые грунты с крайне низким коэффициентом фильтрации
Вакуумное водопонижение	Вакуумные скважины, эжекторные фильтры	Создание разрежения в водоносном пласте	Тонкозернистые пески, пылеватые грунты
Термическое осушение	Замораживание грунтов, термоскважины	Превращение воды в лед или испарение	Обводненные породы в специфических климатических зонах; аварийные ситуации
Комбинированные системы	Сочетание нескольких методов	Комплексное воздействие на обводненный массив	Сложные гидрогеологические условия; многослойные водоносные горизонты

Сравнительная оценка рассмотренных технологий водопонижения по ключевым параметрам отражена в таблице 2 [1-3].

Таблица 2 – Качественный сравнительный анализ технологий водопонижения по ключевым параметрам

Технология	Глубина осушения	Эффективный коэффицие	Удельные затраты на откачку	Энергоемкость	Влияние на устойчивость бортов	Применимость в условиях

		нт фильтрации пород				Кузбасса
Открытые канавы и траншеи	Малая	Высокий	Низкие	Низкая	Ограниченное	Высокая (сезонное применение)
Закрытый дренаж	Средняя	Средний	Средние	Средняя	Высокое	Средняя (ограничения по промерзанию)
Водопонизительные скважины	Значительная	Различный	Высокие	Высокая	Высокое	Высокая (основной метод)
Иглофильтровые установки	Малая и средняя	Низкий и средний	Средние	Средняя	Среднее	Средняя (ограниченное применение)
Электроосмос	Малая	Крайне низкий	Очень высокие	Очень высокая	Среднее	Низкая
Вакуумное водопонижение	Средняя	Низкий	Высокие	Высокая	Среднее	Средняя
Термическое осушение	Различная	Любой	Крайне высокие	Очень высокая	Высокое	Низкая (только для аварийных ситуаций)
Комбинированные системы	Различная	Любой	Высокие	Высокая	Очень высокое	Высокая (для сложных условий)

Как следует из таблицы 2, универсальной технологии водопонижения, оптимальной для всех условий, не существует. Каждая технология имеет свою область эффективного применения. Для условий Кузбасса, где преобладают песчано-глинистые отложения с переменным коэффициентом фильтрации и значительные сезонные колебания водопритоков, наиболее перспективными представляются комбинированные системы, сочетающие глубинное водопонижение скважинами с элементами открытого дренажа и иглофильтровых установок.

На большинстве разрезов Кузбасса применяются комбинированные системы водопонижения, что подтверждает необходимость комплексного подхода. Затраты на водопонижение составляют существенную долю в себестоимости добычи, причем наиболее высокие затраты наблюдаются на разрезах со сложной гидрогеологической структурой.

Экологические аспекты водопонижения на угольных разрезах также заслуживают отдельного рассмотрения. Откачка больших объемов подземных вод приводит к формированию депрессионных воронок, влияющих на гидрогеологический режим прилегающих территорий. Сброс откачиваемой воды в поверхностные водные объекты требует предварительной очистки, что создает дополнительные затраты и экологические риски. Кроме того, длительное водопонижение может приводить к уплотнению глинистых пород и развитию просадочных явлений на земной поверхности.

Процедуры выбора оптимальной технологии водопонижения для конкретного угольного разреза приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Алгоритм выбора оптимальной технологии водопонижения для угольного разреза

Этап	Процедуры
1. Гидрогеологическая диагностика	Детальное изучение гидрогеологических условий
	Определение параметров водоносных горизонтов
	Оценка коэффициента фильтрации пород
	Анализ режима подземных вод и сезонных колебаний
	Качественный прогноз водопритоков в карьер
2. Анализ горнотехнических условий	Определение глубины и темпов разработки
	Оценка размеров карьерного поля
	Анализ схемы развития горных работ
	Учет требований к устойчивости бортов
	Оценка влияния водопонижения на условия работы
3. Предварительный выбор технологий	Отбор технологий, применимых в данных условиях
	Оценка технических ограничений каждой технологии
	Формирование перечня альтернативных вариантов
	Учет климатических особенностей региона
4. Качественная сравнительная оценка вариантов	Экспертная оценка удельных затрат для каждого варианта
	Оценка энергоемкости и эксплуатационных расходов
	Анализ экологических последствий
	Оценка влияния на устойчивость бортов
	Построение сравнительных профилей

5. Проектирование и оптимизация	Детальное проектирование выбранной системы
	Оптимизация параметров водопонизительных сооружений
	Разработка регламентов эксплуатации
	Проектирование системы мониторинга
	Оценка общей экономической эффективности

Подобный подход позволяет сформировать сбалансированное решение, учитывающее весь комплекс факторов. Для дальнейшего совершенствования технологий водопонижения на угольных разрезах Кузбасса необходимо в приоритетном порядке провести актуализацию гидрогеологических моделей разрезов с применением современных методов геофизических исследований и компьютерного моделирования. Это будет способствовать повышению точность прогноза водопритоков и оптимизации параметров водопонизительных сооружений.

Список литературы

1. Субботин Ю. В. Методы снижения катастрофических водопритоков в горные выработки угольных разрезов за-байкалья // ГИАБ. 2007. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-snizheniya-katastroficheskih-vodopritokov-v-gornye-vyrabotki-ugolnyh-razrezov-za-baykalya (дата обращения: 07.10.2026).

2. Лушпей В. П., Васянович Ю. А., Григорьев А. А. Способы снижения негативного воздействия буроугольных разрезов на состояние водных ресурсов // ГИАБ. 2010. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-snizheniya-negativnogo-vozdeystviya-burougolnyh-razrezov-na-sostoyanie-vodnyh-resursov (дата обращения: 07.10.2026).

3. Mikhailov, V. The research of environmental-and-economic risks of the coal mining enterprise impact on water resources / V. Mikhailov, N. Kudrevatykh, T. Tyuleneva // E3S Web of Conferences : The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition, Kemerovo, 25–27 ноября 2019 года. Vol. 134. – Kemerovo: EDP Sciences, 2019. – P. 01019. – DOI 10.1051/e3sconf/201913401019. – EDN EEKTYD.