

УДК 622.807 + 504.4.054

к.т.н. Давиденко В. А.,  
Ножненко А. А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, ebgd@ukr.net)

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕОБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

*Приведены результаты исследований возможности загрязнения подземных и поверхностных вод при применении рабочих жидкостей, используемых для повышения эффективности заблаговременного снижения пылеобразующей способности угольных пластов. Проанализированы возможные последствия такого загрязнения и условия, выполнение которых снизит вероятность проявления этих последствий.*

**Ключевые слова:** пылеобразование, предварительное увлажнение угольных пластов, поверхностно-активные вещества, подземные воды, поверхностные воды, экологическая безопасность, биологическое разложение.

### **Проблема и её связь с научными и практическими задачами.**

В связи с усложнением горно-геологических условий добычи угля подземным способом и внедрением высокопроизводительной добычной и проходческой техники имеет место постоянный рост пылевыведения в горные выработки. Высокие уровни концентраций пыли, значительно превышающие установленные предельно допустимые концентрации, являются причиной возникновения взрывов угольной пыли и пылеметано-воздушных смесей, а также профессиональных заболеваний пылевой этиологии. Большое количество пыли выносится отработанными вентиляционными струями из горных выработок на дневную поверхность. Она является существенным источником негативного воздействия на окружающую среду.

Основным методом снижения пылеобразования при выемке угля является предварительное увлажнение угольных пластов. Для повышения эффективности предварительного увлажнения угольных пластов наиболее широкое применение нашли химические вещества и их композиции, в состав которых входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), электролиты, полимеры и другие. Водные растворы ПАВ, являясь основной таких реагентов, улучшают смачиваемость

угля и угольной пыли, не полностью смачиваемых водой, увеличивают степень капиллярного влагонасыщения угольных пластов и повышают его равномерность. Их применение приводит к очень существенному снижению пылеобразования по сравнению с использованием одной воды при увлажнении (в 2–4 раза)[1].

Целый ряд высокоэффективных реагентов для снижения пылеобразующей способности угольных пластов, содержащих ПАВ, был разработан и внедрён на угольных шахтах учёными Донбасского государственного технического университета совместно с коллегами из Московского горного института, ИГД им. А. А. Скочинского, ВНИИПАВ, ИПКОН АН СССР и других научно-исследовательских организаций в 1970–1980 гг. Но в последние десятилетия резко возросла угроза негативного воздействия ПАВ на жизнедеятельность гидробионтов и качество воды в водных объектах вследствие расширения сферы их применения в различных областях жизнедеятельности и постоянного роста объёмов производства.

Вместе с тем отсутствуют какие-либо исследования, обосновывающие необходимость применения экологически безопасных ПАВ в угольных шахтах для борьбы с пылью.

**Постановка задачи.** Задачей исследований является обоснование необходимости применения экологически безопасных ПАВ как компонентов рабочих жидкостей для снижения пылеобразующей способности угольных пластов.

**Изложение материала и его результаты.** В практике увлажнения угольных пластов применяют 3 основные схемы: через шпур, короткие скважины, перпендикулярные забою лавы, и через длинные скважины, параллельные забою лавы. При первой схеме процесс нагнетания обычно продолжается не более 20 минут, при второй — 60–180 минут, а при третьей обычно длится 1–2 суток и более. Достижение максимальной эффективности увлажнения угля требует значительных временных затрат, которые очень часто трудносовместимы с технологическими процессами горных работ, и возможно лишь при бурении длинных скважин [2].

В процессе бурения скважин по угольным пластам они могут отклоняться от проектного направления по азимуту на значительные величины, достигающие в ряде случаев 20–25 м при длине скважин 100–120 м, и выходить в боковые породы. Это вызвано изменчивостью мощности и угла падения угольного пласта, ошибками угла установки бурового станка при забуривании, соотношением между крепостью угля и боковых пород, наличием включений твёрдых пород, хаотично расположенных в массиве. Допустимым же отклонением при бурении по углю нагнетательных скважин считается  $\pm 1,5$ –3 м [3]. Наибольшая интенсивность потерь скважин наблюдается на участках длиной 20–30 м, что соответствует длине коротких скважин. Уход жидкости в боковые породы составляет для сланцев до 5–10 %, для песчаников и известняков — до 10–20 % на крутых и крутонаклонных пластах [4].

Горный массив, вмещающий угленосную толщу и прорезанный выработками, образует сложную гидросистему, параметры которой определяются наличием и расположе-

нием тектонических нарушений, выработок, водоносных горизонтов и водоупоров, зон повышенной проницаемости, формирующихся при надработке, подработке и сдвиге отдельных участков массива. Распространение химических веществ в нарушенном массиве происходит в сложном режиме, включающем перетоки по выработкам, фильтрацию по зонам с повышенной проницаемостью, в качестве которых выступают зоны дробления разрывов, структурно-ослабленные области литологической неоднородности пород. Динамика развития процесса во многом зависит от соотношения ориентировок зон потенциальной повышенной проницаемости и тензора тектонических нарушений.

Возможность проникновения загрязнённой ПАВ воды может возникнуть не только при наличии открытых трещин, но и в тех случаях, когда на участках сдвига горных пород возникают растяжения, повышающие их пористость и способствующие развитию микротрещин, что может резко изменить фильтрующие свойства. Эти изменения приводят к увеличению обводнённости массива, вызывая резкое снижение прочности пород, и отслаиванию их по обводнённым контактам [5].

Наличие структурно ослабленных зон в массиве горных пород приводит к тому, что ПАВ, проникая через поры и трещины, взаимодействуют с подземными водами, на участках с повышенной проницаемостью попадают в выработки и вместе с шахтными водами перекачиваются в объекты гидрографической сети или очистные сооружения, которые чаще всего не предназначены для очистки сточных вод от ПАВ. Из-за плохого технического состояния и несоблюдения технологии эксплуатации очистных сооружений в поверхностные водоприёмники (балки, реки) поступает 95 % не подвергнутой очистке либо недостаточно обработанной шахтной воды [6].

В последние годы из-за процессов затопления закрываемых шахт, рядом с которыми находятся ещё работающие шах-

ты, гидрогеологическая обстановка в угледобывающих регионах характеризуется очень значительными нарушениями региональных водоупоров в зонах ведения горных работ и усилением переноса вод глубоких горизонтов в зону активного водообмена и поверхностные водные объекты, а также активизацией взаимосвязи поверхностных и подземных вод вследствие развития зон подтопления и затопления, наличием многочисленных зон подработки речных русел и водохранилищ.

ПАВ не только сами хорошо мигрируют в подземных водах, но и способствуют миграции других, обычно плохо растворимых загрязнителей, таких как нефтепродукты, пестициды, канцерогенные вещества. Такие свойства проявляются при концентрации ПАВ около 10 мг/л [7].

ПАВ, попадая в объекты гидросферы, наносят существенный ущерб окружающей природной среде. Сточные воды, содержащие ПАВ, попадая с подземными водами в поверхностные водоёмы, тормозят процессы самоочищения, ухудшают органолептические показатели, отрицательно действуют на развитие животных и растительных организмов, населяющих водоёмы. Они вызывают обильное пенообразование, что нарушает кислородный обмен в водоемах и отрицательно влияет на растительность прибрежных районов. Для водных животных наибольшую опасность представляют залповые выбросы сточных вод с высокой концентрацией ПАВ, что приводит к массовой гибели зоо- и фитопланктона [8].

Воздействие ПАВ на сапрофитную водную микрофлору водоёмов зачастую носит двойственный характер в зависимости от типа ПАВ. При стимулирующем влиянии почти всегда происходит биологическое разложение ПАВ за счёт их использования микроорганизмами в качестве питательной среды. Это может способствовать самоочищению воды от органических загрязнителей сточных вод. Пагубное влияние детергентов на микрофлору возрастает с

увеличением минерализации воды [9]. Сточные воды угольных шахт имеют повышенную степень минерализации, и поэтому наличие в них ПАВ может способствовать угнетению микрофлоры.

Поскольку ПАВ могут попасть в подземные, а затем и в поверхностные воды, то одним из наиболее существенных требований, предъявляемых к детергентам, используемым для борьбы с пылью в угольных шахтах, является экологическая безопасность. Общепринятыми критериями экологической безопасности ПАВ являются высокий уровень биологического разложения и низкая токсичность продуктов их биологического разложения.

Биологическим разложением является любое изменение молекулы вещества, вызванное живыми организмами, ведущее к её упрощению. Биологическое разложение может быть полным и первичным. Полное биологическое разложение характеризуется распадом ПАВ до простых неорганических соединений. Первичное биологическое разложение представляет собой минимальное упрощение молекулы. Выделяют также биологическое разложение, приемлемое для окружающей среды, – изменение вещества, результатом которого служит потеря веществом своих вредных свойств. Оно может совпадать с первичным или полным в зависимости от химической структуры ПАВ [8].

Официальных документов, регламентирующих уровень биологического разложения ПАВ, используемых для борьбы с пылью в угольных шахтах, не существует. Такие нормативные документы предусмотрены только для ПАВ, входящих в состав моющих средств. В соответствии с требованиями Технического регламента моющих средств, утверждённого постановлением Кабинета Министров Украины № 717 от 20.08.2008, принятого с учётом Регламента №648/2004 Европейского парламента и Совета ЕС от 31.03.2004 о моющих средствах, уровень первичного биологического разложения ПАВ должен составлять не менее

80 %. Норматив по полному биологическому разложению ПАВ установлен на уровне не менее 60 % за 28 дней (при контроле по диоксиду углерода) или 70 % (при контроле по общему органическому углероду). Аналогичные требования содержатся и в проекте Технического регламента Таможенного Союза «О безопасности синтетических моющих средств и товаров бытовой химии (ТР 201\_00\_ТС). Поскольку ПАВ, используемые для борьбы с пылью, могут попасть в те же поверхностные водные объекты, что и компоненты моющих средств, то и к ним целесообразно предъявлять аналогичные требования. При первичном биологическом разложении не менее 80 % негативное воздействие ПАВ на наземные воды резко уменьшается. В частности, в результате первичного биологического разложения уменьшается токсичность воды и пенообразование на её поверхности [8].

Биологическое разложение ПАВ в подземных и поверхностных водах ограничивается видовым составом биоценозов, химическими свойствами самих ПАВ, температурой, минерализацией и окислительно-восстановительными условиями вод. Биологическое разложение ПАВ происходит наиболее активно в условиях наличия растворённого кислорода. Такие условия в подземных условиях создаются только вблизи нагнетательных скважин. ПАВ разлагаются сульфатовосстанавливающими бактериями таких родов: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Nocardia*. Поскольку ПАВ повышают проницаемость клеточной мембраны микроорганизмов, то воздействие разных классов детергентов на них отличается. Для сульфатовосстанавливающих бактерий характерен следующий ряд воздействия ПАВ на изменение проницаемости клеточной мембраны: катионные > анионные > неионогенные. Повышение проницаемости клеточных мембран катионными ПАВ приводит к такому увеличению их содержания в плазме клеток, что вызывает их гибель. Поступление анионных и неионогенных ПАВ в плазму проис-

ходит в меньшей степени, а действие их менее токсично. Поэтому их биологическая деструкция протекает более интенсивно по сравнению с катионными ПАВ [7, 8].

По степени биологического разложения все ПАВ разделяют на три группы. К первой группе относятся «биологически мягкие» ПАВ. Для них характерно увеличение потребления кислорода пропорционально их концентрации в воде. Обычно потребление кислорода для этой группы веществ в течение 6 часов составляет от 30 до 40 % от теоретического количества для полного окисления ПАВ. Динамический метод, который имитирует работу очистных сооружений, показывает, что количество подвергшихся деструкции ПАВ при этом составляет более 80 %. Скорость полного разложения в водоёмах зависит от начальной концентрации ПАВ. Для этой группы веществ при исходной концентрации 1 мг/л полный распад происходит в течение 0,5–1,5 суток и при концентрации 5 мг/л – в течение 1,5–5 суток. Ко второй группе относятся ПАВ, которые разлагаются значительно медленнее и для которых характерно нарушение пропорциональности в потреблении кислорода при повышении исходной концентрации ПАВ в воде. Третью группу составляют «биологически жёсткие» ПАВ. Они также характеризуются уменьшением скорости деструкции при увеличении концентрации ПАВ в сточных водах. Соединения этой группы при длительной биологической очистке (более 30 суток) распадаются всего на 35–40 %. Распад на 50 % достигается в течение 2 месяцев. При содержании ПАВ этой группы в воде свыше 10 мг/л возникает сильное пенообразование и нарушаются окислительные процессы в водоёмах [10].

#### **Выводы и направление дальнейших исследований.**

При определённых условиях ПАВ, являющиеся компонентами рабочих жидкостей для снижения пылеобразующей способности угольных пластов, могут попасть в шахтные воды, а через систему шахтного водоотлива — и в поверхностные водные

объекты. ПАВ, не способные быстро разлагаться в водной среде, оказывают на неё существенное негативное воздействие.

Применение рабочих жидкостей для пылеподавления с регламентируемым уровнем биологического разложения позволяет существенно снизить уровень запылённости воздуха в горных выработках

угольных шахт, решить экологическую проблему за счёт снижения техногенной нагрузки на гидросферу при сбросе в поверхностные водоёмы шахтных сточных вод, содержащих ПАВ с первичным биологическим разложением не менее 80 %.

### Библиографический список

1. Кудряшов, В. В. Смачиватели и связывание пыли в угольных шахтах и разрезах [Текст] / В. В. Кудряшов // *Безопасность труда в промышленности*. — 2001. — № 11. — С. 26–28.
2. Ищук, И. Г. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий [Текст] : справочник / И. Г. Ищук, Г. А. Поздняков. — М. : Недра, 1991. — 273 с.
3. Твардовский, Е. Д. Средства и контроль направленного бурения скважин по углю для нагнетания [Текст] / Е. Д. Твардовский, Б. П. Притчин, П. Н. Торский // *Борьба с силикозом*. — М. : Наука, 1970. — т. VIII. — С. 72–77.
4. Технология подземной разработки и процессы горных работ в очистных забоях крутых и крутонаклонных угольных пластов [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. : С. С. Гребёнкина. — Донецк : КП «Регион», 2000. — 506 с.
5. Майборода, А. А. Воздействие горно-геологических факторов на состояние водных и экологически опасных объектов [Текст] / А. А. Майборода, О. В. Терешина // *Уголь Украины*. — 1994. — № 3. — С. 52–54.
6. Григорюк, М. Е. Угольное производство как составляющая техногенной нагрузки [Текст] / М. Е. Григорюк // *Уголь Украины*. — 2006. — № 2. — С. 31–33.
7. Тютюнова, Ф. И. Гидрогеохимия техногенеза [Текст] / Ф. И. Тютюнова. — М. : Наука, 1987. — 335 с.
8. Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ [Текст] / С. С. Ставская и др. — К. : Наукова думка, 1988. — 184 с.
9. Григорьева, Л. В. Санитарная бактериология и вирусология синтетических моющих средств [Текст] / Л. В. Григорьева. — К. : Здоров'я, 1980. — 160 с.
10. Бухитаб, З. И. Технология синтетических моющих средств [Текст] / З. И. Бухитаб, А. П. Мельник, В. М. Ковалёв. — М. : Легпромбытиздат, 1988. — 320 с.

© Давиденко В. А.

© Ноженко А. А.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А., к.м.н., гл. врачом ГС «АГСЭС» МЗ ЛНР Капрановым С. В.*

Статья поступила в редакцию 28.02.17.

к.т.н. Давиденко В. А., Ноженко О. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

### ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ РОБОЧИХ РІДИН ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПИЛОУТВОРЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Наведено результати досліджень можливості забруднення підземних і поверхневих вод при використанні робочих рідин, які застосовують для підвищення ефективності завчасного зниження пилоутворювальної здатності вугільних пластів. Проаналізовані можливі наслідки такого забруднення та умови, виконання яких знизить вірогідність прояву цих наслідків.

**Ключові слова:** *пילוутворення, попереднє зволоження вугільних пластів, поверхнево-активні речовини, підземні води, поверхневі води, екологічна безпека, біологічний розклад.*

**PhD Davidenko V. A., Nozhenko A. A.** *(DonSTU, Alchevsk, LPR)*

**JUSTIFICATION THE NEED OF USING ENVIRONMENTALLY SAFE WORKING LIQUIDS TO REDUCE THE DUST OCCURENCE IN COAL-BASED LAYERS**

*Investigation results for the possible contamination of groundwater and surface water with working fluids being used to increase the efficiency of the forehand reduce of dust-forming ability of coal seams are presented. The possible consequences of such pollution and the conditions, which will reduce probable manifestation of these consequences, have been analyzed.*

**Key words:** *dust-forming, preliminary moistening of coal seams, surface-active substances, groundwater, surface water, ecological safety, biological decomposition.*