

УДК 504.53:622(477.63)

**Т.И. ДОЛГОВА**, д-р техн. наук  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ШЛАМОВЫХ ВОД УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК НА ПОЧВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

Известно, что одним из источников экологической опасности на угледобывающих предприятиях являются обогатительные фабрики, где при мокром обогащении уголь и сопутствующие породы частично или полностью находятся в контакте с водой или суспензией [1]. При этом оборотная вода фабрик постоянно насыщается поверхностно-активными веществами, а также мелкими частичками угля и породы. Не исключено и бактериальное загрязнение этих вод. Но, тем не менее, некоторые фабрики для поддержания требуемых технологических условий систематически сбрасывают большие количества шламовых вод в наружные шламовые отстойники или шламонакопители, а также в балки, водоемы и реки. При этом прозрачность природной воды снижается, взвешенные частички заиливают дно и берега водоемов, достигая иногда толщины в несколько метров, что приводит к изменению русла рек, заболачиванию поймы и уменьшению объема водохранилища [2].

Однако экологические проблемы в подобных ситуациях состоят не только в снижении прозрачности вод естественных водоемов, но и в их минерализации, возможном закислении, развитии процессов эвтрофикации и загрязнении поверхностно-активными веществами, тяжелыми металлами, мышьяком и другими компонентами, наличие которых в сточных водах горного производства давно является известным фактом [3].

К сожалению, гидросфера – далеко не единственный объект экологического воздействия данного техногенного фактора. Ведь трансформируя водные экосистемы, шламовые воды оказывают также существенное влияние и на почвенный покров. Поэтому целью нашего исследования стал анализ характера перестройки свойств и режимов почвенных экосистем, которые оказались под влиянием шламовых вод, сбрасываемых обогатительными фабриками угледобывающих предприятий.

Не вызывает сомнений тот факт, что шламовые воды, которые отличаются значительной пестротой и динамикой свойств, представляют собой поликомпонентный источник загрязнения почв. Особую тревогу вызывает наличие в их составе существенного количества синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), используемых при флотации для пенообразования и дополнительной гидрофобизации поверхности угля, а также повышения дисперсности эмульсии аполярного реагента [4], поскольку эти

вещества отличаются высокой токсичности и низкой скорости биоразрушения [5].

Конечно, помимо угледобывающей отрасли промышленности, существуют и другие источники загрязнения окружающей среды этими ксенобиотиками [6]: СПАВ широко применяются в медицине, санитарии, пищевой и химической промышленности, при изготовлении строительных материалов, дорожном строительстве и пр.

Особое место нашли ПАВ в производстве товаров бытового назначения [2]: синтетических моющих и очищающих средств, автокосметики, усилителей для химической чистки и т.д.

Кроме того, данные соединения являются постоянными ингредиентами почти всех вариантов химической нагрузки на почвы в условиях сельскохозяйственного производства. Они попадают в пахотный слой вместе со средствами защиты растений, минеральными удобрениями, при орошении, с осадками сточных вод. Именно поэтому в неокультуренных землях содержание поверхностно-активных веществ колеблется в диапазоне от 1 до 10 мг/кг, а в удобренных сельскохозяйственных почвах их величина может достигать 100 и более мг/кг [7].

Доказано, что СПАВ, попадая в реки, а затем и в различные горизонты почвенного профиля, гомогенно распределяются в их жидкой фазе. Эти соединения, обладая способностью понижать поверхностное натяжение воды, не могут не трансформировать гидрохимические свойства почв, влияя, в конечном итоге, на их плодородие, а также устойчивость как экологических объектов [8]. Следует особо подчеркнуть, что дальнейшее поведение СПАВ в природе, в том числе миграция в грунтовые воды и растения, а также доступность трансформирующим микроорганизмам-деструкторам определяется, прежде всего, их сорбционно-десорбционным взаимодействием с почвой.

Установлено, что избирательная способность молекулярных ПАВ адсорбироваться на границах раздела фаз приводит к обволакиванию пленкой детергента поверхности любого организма, что вызывает не только нарушение их обмена веществ, но и структурные аномалии на молекулярном уровне. Так, например, наличие СПАВ на поверхности почвенных микроорганизмов (которые являются одним из основных звеньев круговорота практически всех веществ на планете), служит причиной разрушения их мембраны за счет деструкции белков, что, в свою очередь, инициирует повышение ее проницаемости для макросоединений с последующей дестабилизацией процессов энергетического обмена микробальной клетки. Вследствие этого происходит разрыв в цепи обмена веществом и энергией в соответствующих биогеохимических циклах, которые являются материальной основой гомеостатических процессов в биосфере [9].

В связи с этим хотелось бы отметить, что высокие нагрузки детергентов обладают способностью тормозить целлюлозоразлагающую деятельность микроорганизмов почв, а алкилбензолсульфаты (анионные ПАВ) оказывают явное ингибирующее действие на нитрификацию [10]. Таким образом, под влиянием этих соединений может изменяться количество и качественный состав микрофлоры почв. А при торможении ее активности происходит, в свою очередь, накопление детергентов в почвах, концентрация которых может стать не просто высокой, но и опасной для почвенной микрофлоры. Более того, микроорганизмы под воздействием детергентов могут образовывать токсичные для растений метаболиты, которые не подвергаются дальнейшему разложению и накапливаются в верхних горизонтах почвенного профиля.

Известно также, что просачивание в почву водных растворов СПАВ (особенно в месте скопления отходов) может привести к активизации уже имеющихся в этих системах токсичных продуктов. При этом следует помнить, что сами по себе эти соединения тоже токсичны, что зависит от их химической структуры. Но в различных почвах токсическое действие анализируемых соединений проявляется по-разному в зависимости от степени разветвленности их алкильной цепи. В этом плане наиболее реактивными являются анионоактивные соединения с углеводородной цепочкой в 16 и более атомов. Особенно опасны те детергенты, в структуре которых имеются бензольные и нафталиновые кольца. Менее токсичны неионогенные ПАВ. Однако, хроническое воздействие этих веществ на соединения техногенного происхождения в пределах природных объектов во всех случаях усиливает их негативный эффект вне зависимости от структуры исходных компонентов.

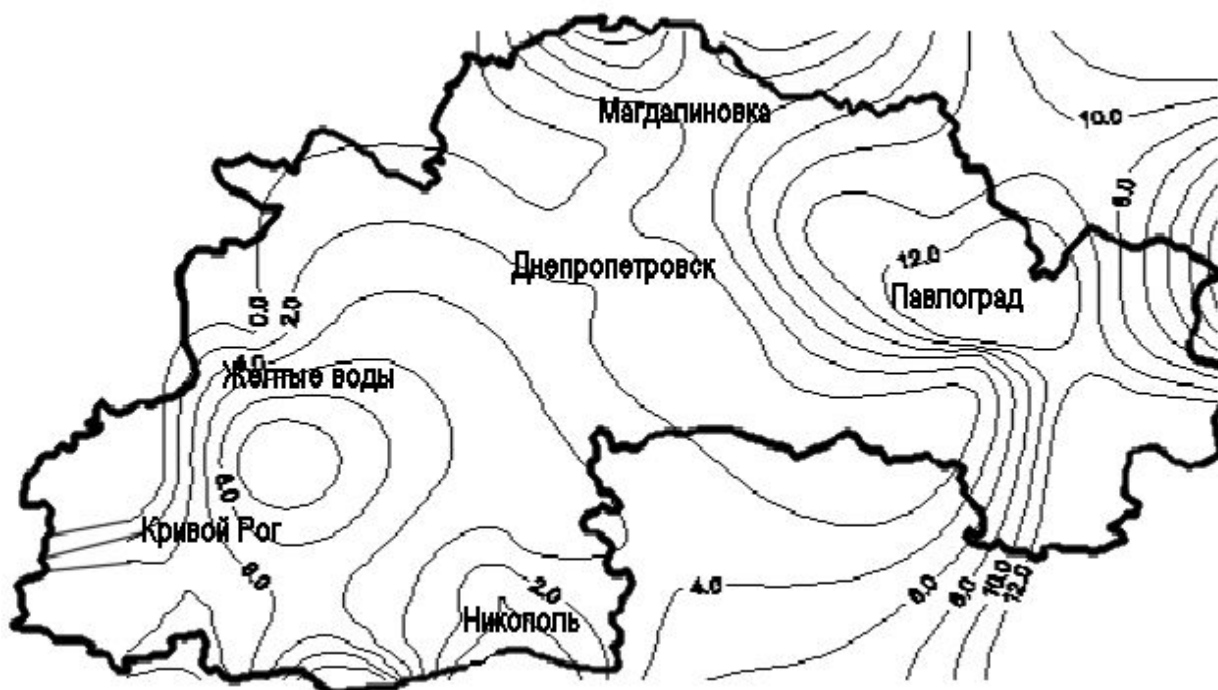
Имеются также сведения о том, что присутствие в почвах таких металлов, как медь, цинк, марганец, кадмий и кальций замедляет процесс биodeградации СПАВ, которые, в свою очередь, влияют на транслокацию тяжелых металлов в растения. Обращают на себя внимание более высокие коэффициенты биологического поглощения (КБП) у растений при их орошении водами, содержащими СПАВы [9]. Так, например, КБП для стронция составляет 4,6, а для свинца и никеля – 3,2 и 1,1 соответственно. В то время как при орошении водами, которые содержат даже минимальный уровень СПАВ (до 0,02 мг/л, что в 2,5 раза меньше ПДК) КБП для стронция составляет всего 1,9, а для свинца и никеля – 0,94 и 0,57 соответственно.

В результате проведенных нами исследований было установлено, что почвы практически всех районов Днепропетровской области загрязнены синтетическими поверхностно-активными соединениями, что вполне соответствует наличию широкого спектра источников их поступления в окружающую природную среду (табл.). Но на территории Западного Донбасса уровень СПАВ оказался самым высоким: он почти в 5 раз превысил концентрацию указанных соединений в почвах сельскохозяйственных угодий

на севере области и практически в 9 раз – в ее центральной части, где отсутствуют горнодобывающие предприятия, хотя уровень техногенной нагрузки сопоставим с ее угледобывающими районами (рис.).

Таблица

Район исследования области	Среднее содержание, мг/кг	Превышение регионального уровня	Превышение фонового уровня	Коэффициент загрязнения
Юг	5,179±1,288	+0,596	+2,829	+1,20
Восток	12,530±1,642	+7,947	+10,180	+4,33
Центр	1,397±0,267	-3,186	-0,953	-
Север	2,607±0,742	-1,980	+0,253	+0,11
Запад	3,438±1,102	-1,145	+1,088	+0,46
В среднем по области	4,579±1,672	-	+2,233	+0,95



Распределение СПАВ в почвах Днепропетровской области (в мг/кг)

Исследование специфики экологических эффектов СПАВ позволило установить, что данные соединения опасны не только как компоненты первичного загрязнения объектов природы, но и как инициаторы развития комбинированных эффектов. Так, например, нами было доказано, что СПАВ в почвах стимулируют процесс накопления практически всех форм минерального азота, особенно нитратного и аммонийного, усиливая дестабилизацию

круговорота азота в экосистемах почв и снижая тем самым их способность к самовосстановлению. Более того, установлен факт наличия выраженных синергических отношений между минеральными формами азота и поверхностно-активными соединениями. А это значит, что при оценке уровня загрязнения почвенных ценозов данными веществами нельзя ориентироваться только лишь на их ПДК, поскольку их совместный эффект более чем в 3 раза выше, чем при монокомпонентном воздействии этих соединений.

Аналогичные результаты обнаружены и при сочетании СПАВ с тяжелыми металлами, которые, как известно, практически всегда сопутствуют друг другу в шламовых водах.

Известно, что в зоне максимального накопления только тяжелых металлов резко снижается количество физической глины, илистых частиц и соответственно емкость поглощения почв, изменяется их рН, растет содержание сульфатов, уменьшается биологическая активность за счет ингибирования ряда почвенных ферментов, а также трансформации видовой структуры микроскопических грибов вследствие уменьшения редких видов или увеличения количества видов с токсичными свойствами. В число важнейших функций, находящихся под отрицательным воздействием тяжелых металлов, входит также метаногенез, восстановление сульфатов, выделение диоксида углерода, фиксация азота, нитрификация [11] и т.д.

Но экологические эффекты комбинации СПАВ с тяжелыми металлами отличаются от их монокомпонентных воздействий. Так проведенный анализ характера воздействия поверхностно-активных веществ на содержание тяжелых металлов в почвах позволил установить, что максимальному влиянию этих соединений подвержены медь и цинк, но лишь в пределах Западного Донбасса (восток области). Учитывая тот факт, что данный регион содержит самый большой уровень СПАВ на фоне высокой и разноплановой общей техногенной нагрузки, можно сделать вывод о том, что при множественном воздействии различных экологически активных соединений эта зависимость проявляется лишь при определенном уровне исследуемых загрязнителей. Подтверждением этому служит ситуация с северными районами области, где спектр воздействующих техногенных элементов не столь многообразен, как в пределах Западного Донбасса (и в качественном и в количественном отношении), и в пределах которого поверхностно-активные вещества достоверно влияют на уровень всех исследованных тяжелых металлов, причем величина коэффициента детерминации превысила 80%, а все коэффициенты корреляции достоверны на указанном уровне.

Таким образом, поступление шламовых вод, формируемых при мокром обогащении угля, вызывает масштабное развитие деградационных явлений в почвенных экосистемах прилегающих ландшафтов, что является результатом не столько прямых, сколько комбинированных эффектов тех загрязнителей,

которые входят в их состав. В результате подобного воздействия в почвах происходит:

- дестабилизация круговорота азота;
- пептизация почвенной массы;
- формирование напряженных почвенных режимов – водного, теплового, газового, окислительно-восстановительного и т.д.;
- снижение биологической активности на фоне качественной и количественной перестройки видового состава педобионтов;
- снижение почвенного плодородия;
- уменьшение экологической устойчивости почвенных экосистем и т.д.

### Список литературы

1. Угледобыча и окружающая среда / **Круглицкий Н.Н., Ткаченко Н.Г., Кириленко В.М. и др.** – К.: Вища школа, 1985. – 150 с.
2. **Юдин А.М.** Бытовая химия и охрана окружающей среды // Химическая промышленность. – 1983. – № 7. – С.25–27.
3. **Мудрый И.В.** Влияние анионных ПАВ в комбинации с другими приоритетными загрязнителями на качество реки Днепр, некоторых притоков и каскада водохранилищ // Гигиена и санитария. – 1994. – № 3. – С.17–19.
4. **Жура В.В., Майкова С.В.** Поверхнево-активні властивості спінювачів "Оксаль" і масло "ПОД" // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. 23(64). – С. 83–88.
5. **Горяинова Т.С.** О вредных свойствах синтетических ПАВ// Гигиена и санитария. – 1986. – № 1. – С.71–74.
6. **Чалмерс Л.** Химические средства в быту и промышленности. – Л.: Химия, 1969. – 528 с.
7. **Гоголев И.Н., Михальченко Ю.В.** Сорбция некоторых анионных синтетических поверхностно-активных веществ южными черноземами // Почвоведение. – 1993. – № 2. – С. 45–51.
8. **Шандала М.Г., Волощенко О.И., Мудрый И.В.** Гигиеническое значение поверхностно-активных веществ в условиях загрязнения почвы химическими соединениями // Гигиена и санитария. – 1991. – № 1. – С.4–6.
9. **Остроумов С.А., Горюкова С.В.** Воздействие анионного детергента на зеленую прото-кокковую водоросль и проростки некоторых покрытосемянных растений // Биолог. науки. – 1986. – № 7. – С. 84–86.
10. **Абрамзон А.А.** ПАВ: свойства и применение. – Л.: Химия, 1981. – 340 с.
11. **Долгова Т.И.** Коррекция почвенного гомеостаза в экопедоценозах Приднепровского региона поверхностно-активными веществами / Ин-т проблем природопользования и экологии НАН Украины. – К., 1996. – 17 с. – Рус. – Деп. в ГНТБ Украины 22.04.96, № 1021 – Ук. 96.

© Долгова Т.И., 2006